

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**LENTOKOULUTUKSEN KUSTANNUSTEHOKKUUDEN ARVIOINNIN
MENETELMIEN MÄÄRITTELY**

Tutkielma

Kapteeni
Tuukka Karjalainen

Esiupseerikurssi 63
Ilmasotalinja

Huhtikuu 2011

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Esiupseerikurssi 63	Ilmasotalinja
Tekijä	
Kapteeni Tuukka Karjalainen	
Tutkimustyön nimi	
Lentokoulutuksen kustannustehokkuuden arvioinnin menetelmien määrittely	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotateknikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika	
Huhtikuu 2011	Tekstisivuja 36
TIIVISTELMÄ	
<p>Puolustusvoimien lentokoulutusjärjestelmään kohdistuu muutospaineita. Valmet Vinkakalustoon perustunut alkeis- ja peruslentokoulutus tullaan korvaamaan uudella suorituskyyvylä vuoteen 2018 mennessä. Lentokoulutuksen tavoittilan mukaisesti koulutus toteutetaan kustannustehokkaasti huomioiden erityisesti koulutuksen laatu ja kokonaiskustannusrakenne.</p> <p>Tässä tutkimuksessa määritettiin mitä ovat koulutusorganisaation kustannustehokkuuden tutkimisessa yleisimmin käytetyt tutkimismenetelmät ja miten niitä on käytetty kahdessa 2000-luvulla toimineessa lentokoulutuksen kehittämisen työryhmässä. (Lentokoulutustyöryhmä -03 ja Kauhava-työryhmä -06). Lisäksi aineiston perusteella arvioitiin, mitä menetelmiä lentokoulutusorganisaation kustannustehokkuuden optimoinnissa tulisi käyttää.</p> <p>Tutkimus on teoreettinen kirjallisuusselvitys ja dokumenttianalyysi. Kustannustehokkuutta käsittelevän kirjallisuuden, opintomateriaalin ja alan tutkimuksien perusteella muodostettiin käsitys olemassa olevista ja yleisimmin käytetyistä kustannustehokkuuden tutkimismenetelmistä, jonka jälkeen niiden käyttöä ja ilmenemistä tutkittiin työryhmien loppuraportteja aineistona käyttäen. Syntyneen ymmärryksen ja tutkijan aikaisemman ammattitaidon perusteella analysoitiin eri menetelmien soveltuvuutta lentokoulutusorganisaation tuotantoprosessin kustannustehokkuuden tutkimiseen.</p> <p>Sotilaslentokoulutusorganisaatioiden erot eivät mahdollista kustannustehokkuuden tutkimisessä yleisesti käytettyä tuotantolaitosten vertailua toisiinsa. Sotilaslentokoulutukselle tyypilliset vuosittaiset vaihtelut koulutuksen volyymissä, sääolosuhteissa ja muissa tuotantoon vaikuttavissa tekijöissä asettavat tuotannon tehokkuutta mallintavalle tuotantorintamafunktiolle omat satunnaisuuteen liittyvät vaatimuksensa.</p> <p>Sotilaslentokoulutusjärjestelmä tuotanto-organisaationa on moniulotteisuudessaan vaikeasti mallinnettava ja prosessin kustannustehokkuuden optimointia tulisi tutkia monikriteerisen päätöksenteon menetelmin.</p>	
AVAINSANAT	
Kustannustehokkuus, lentokoulutusjärjestelmä.	

LENTOKOULUTUKSEN KUSTANNUSTEHOKKUUDEN ARVIOINNIN MENETELMIEN MÄÄRITTELY

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimusaihe	2
1.2	Aikaisemmat tutkimukset	4
1.3	Tutkimuskysymykset	5
1.4	Tutkimusmenetelmä	5
1.5	Keskeiset käsitteet	5
1.6	Tutkimuksen rajaukset	7
2	KUSTANNUSTEHOKAS TUOTANTOPROSESSI	8
2.1	Yleistä	8
2.2	Tuotantostrategiat	9
2.3	Tehokkuuden määrittely ja mittaaminen	12
2.4	Tuotantorintamafunktioanalyysi	16
2.4.1	Deterministinen tuotantorintamafunktio	16
2.4.2	Stokastinen tuotantorintamafunktio	17
2.5	Lentokoulutusjärjestelmä	19
3	KUSTANNUSTEHOKKUUDEN TUTKIMUSMENETELMIEN AIKAISEMPI SOVELTAMINEN LENTOKOULUTUKSEN KEHITETTÄMISESSÄ	22
3.1	Yleistä	22
3.2	Lentokoulutustyöryhmä	23
3.3	Kauhava-työryhmä	26
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
	LÄHTEET	37

LENTOKOULUTUKSEN KUSTANNUSTEHOKKUUDEN ARVIOINNIN MENETELMIEN MÄÄRITTELY

1 JOHDANTO

”Puolustuskyvyn ylläpidon kustannuskehitys, puolustusmateriaalin laaja vanheneminen vuosikymmenen puolivälissä sekä asevelvollisten ikäluokkien pientyminen eivät mahdollista nykyisen suuruisten puolustusvoimien ylläpitoa tulevaisuudessa [35].”

Yllä oleva Puolustusvoimain komentajan lausunto 194. maanpuolustuskurssin avajaisissa 20.9.2010 kuvaa millaisten muutosten edessä puolustusvoimat on.

Puolustusvoimissa on totuttu tarkastelemaan kustannuksia kolmanneksittain. Karkeasti ilmaistuna yksi kolmannes on käytetty perinteisesti kaluston uusintaan, toinen kolmannes on kulunut toimintamenoihin ja kolmas palkkoihin. Nyt kuitenkin yleistä hintatasoa nopeammin nousevat puolustusmateriaalin hinnat, kohonneet palkkakustannukset sekä odotettavissa olevat puolustusvoimien määrärahasupistukset pakottavat tarkastelemaan koko puolustusvoimien kustannusrakennetta uusiksi.

Puolustusmateriaaliin käytettyä osuutta ei voida supistaa oleellisesti ilman vaikutuksia. Suuret supistukset johtaisivat kaluston vanhenemiseen ja puolustusvoimien suorituskykyjen laskuun. Toimintamenojen ja palkkojen supistaminen tasaisesti kaikkialta ei nyt riitä. Keinoja kustannustehokkuuden parantamiseksi koko puolustushallinnon toimintakentässä on nyt haettava laajasti tutkimalla koko hallinnonalan rakenteet ja toimintamallit. Osana tätä puolustusvoimien uutta toimintamallia tämän työn tarkoituksena on kartoittaa lentokoulutusjärjestelmän kustannustehokkuuden arvioinnissa käytettyjä ja siihen soveltuvia menetelmiä.

1.1 Tutkimusaihe

Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa vuonna 2001 ilmavoimat velvoitettiin selvittämään hävittäjäohjaajien koulutusjärjestelmän vaihtoehdot vuoteen 2004 mennessä.[39] Selonteon perusteella ilmavoimien komentaja perusti 21.5.2001 lentokoulutus-työryhmän, jonka tehtäväksi annettiin muun muassa selvittää rinnakkaiset vaihtoehdot ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmälle, ulkoistamisvaihtoehdot, koulutuskoneiden elinkaari- ja seuraajakysymykset sekä kansainväliset vaihtoehdot[24].

Puolustusvoimain komentaja määritti ilmavoimille tavoitetilan, jossa lentotoiminta Hornet-kalustolla pyritään kasvattamaan vuosittain 10 000 lentotuntiin ja Hawk -kaluston osalta SA-yksiköiden määrää vähennetään vuoteen 2008 mennessä ja vuotuiset lentotunnit vähennetään 6 000 tuntiin.

Ilmavoimien komentajan johdolla järjestettiin 11.9.2001 lentokoulutusseminaari, jonka keskeisimmäksi tavoitteeksi asetettiin alkeiskoulutuksen järjestelyjen toteuttamisvaihtoehtojen määrittäminen. Päätettäviä osakokonaisuuksia olivat muun muassa Vinkan eliniän jatkaminen ja mahdollisuudet koulutuksen rakenteellisiin muutoksiin, joilla resursseja voitaisiin kohdentaa Hornet- toimintaan ja saavuttaa sovitut lentotuntitavoitteet. Henkilöstömäärän arveltiin olevan kriittinen tekijä myös tulevaisuudessa, mutta tarvittavan rahoituksen löytymisen arvioitiin olevan mahdollista.

Ilmavoimien komentaja määritti suunnittelutyön perusteiksi, että avaintulosten saavuttaminen edellyttää lentokoulutuksen keskittämistä ja ulkoistamista. Tämän vuoksi komentaja teki seminaarin lopuksi periaatepäätöksen, että Hawkit keskitetään Kauhavalle vuoden 2006 alussa. Selvitystyötä jatkettiin tämän linjauksen perusteella. Hawkien keskittämisen seurauksena oli selvää, että Vinka- toiminnan tuli siirtyä toiseen tukikohtaan. Syitä tähän olivat muun muassa lentotoiminnan harjoitusalueiden, lentokonehallien ja luokkatilojen riittävyys sekä ilmatilan käytölliset rajoitteet kahden eri nopeusluokan koneen toimiessa samasta tukikohdasta lisääntyneellä intensiteetillä. Selvitystyön perusteella Vinkat siirtyivät vuoden 2005 syksyllä Tikka-koskelle ja osa alkeis- ja peruslentokoulutuksesta ulkoistettiin. Samassa yhteydessä Vinkan eliniän jatkaminen noin vuoteen 2018 saakka päätettiin toteuttaa, koska se nähtiin kokonaisuuden kannalta mielekkäimpänä toimintamallina. Päätökseen vaikuttivat muun muassa lentokalustohankintojen ajallinen optimointi muihin hankintoihin nähden sekä Hawk-kaluston korvaajan vaikutukset myös alkeiskoneeseen. Vaihtoehtona olisi ollut korvaavan kaluston tai

palvelun ostaminen, jolloin olisi sitouduttu tehtyyn päätökseen huomattavasti pidemmäksi ajaksi kuin nyt.

Ilmavoimien komentaja asetti 17.9.2009 ”Peruslentokoulutus VN -kalustolla” -hankkeen, joka kuuluu ilmapuolustuksen kehittämisohjelman, lentokoulutusjärjestelmä, alakehittämisohjelmaan. Uusi, vuodet 2010 - 2018 kattava sopimus ulkoisen sopimusosapuolen kanssa allekirjoitettiin 7.7.2010. Sopimuksen sisältö on samankaltainen kuin päättynen viisivuotiskauden sopimus.

Vinkalla annettavan alkeis- ja peruslentokoulutuksen korvaavan suorituskyvyn hankinta on tämän tutkimuksen tekohetkellä ideointivaiheessa. Vaihtoehtoisia ratkaisumalleja tutkittaessa yhtenä mahdollisuutena on jatkaa ulkoistetulla palvelunhankinnalla joko osittain tai kokonaan peruslentokoulutuksen osalta. Kalliiden hävittäjä- ja suihkuharjoituskoneiden lentotuntien säästämiseksi alkeis- ja peruslentokoulutuksen tulee mahdollistaa riittävän tehokas koulutus, ottaen kuitenkin huomioon alkeislentokoulutuksen asettamat vaatimukset riittävän yksinkertaisesta, lentoturvallisuuden takaavasta ilma-aluksesta. Nämä tekijät saattavat aiheuttaa tilanteen, missä joudutaan tarkastelemaan kahden konetyypin koulutusmallia ennen suihkuharjoituskonekoulutusta.

Lentokoulutuksen tavoitetilassa Vinkalla annettu alkeis- ja peruslentokoulutuskyky on korvattu uudella suorituskyvyllä, jolla tuotetaan Puolustusvoimien tarvitsema määrä, laadullisesti korkeatasoisia, soveltuvia ohjaajaoppilaita jatkolentokoulutukseen. Lentokoulutus toteutetaan Puolustusvoimien kannalta kustannustehokkaasti. Kustannustehokkuuden määrittämisessä huomioidaan suorien kustannusten ja oppilasmäärien lisäksi annettavan lentokoulutuksen laatu ja lentokoulutuksen kokonaiskustannusrakenne.

Paljon on siis tapahtunut viime vuosina sotilaslentokoulutuksen rakenteiden ja toiminnan kehittämisessä ja edessä on isoja ja kauaskantoisia päätöksiä niin peruslentokoulutuksen, hävittäjäkaluston korvaamisenkin kuin koko lentokoulutusjärjestelmän osalta. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selkeyttää käsityksiä sotilaslentokoulutuksen kustannustehokkuuden tutkimisesta 2000-luvulla tehtyjen selvitystöiden näkökulmasta.

1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Koulutuksen tehokkuutta suomalaisten lukiodien osalta ovat tutkineet muun muassa Kirjavainen ja Loikkanen [19, 18]. Yliopisto-opetuksen tehokkuutta ovat mitanneet muun muassa Lilja ja Pohjola [26] ja Neittaanmäki [30]. Suomalaisen ammatillisen koulutuksen tutkimuksia kustannustehokkuuden näkökulmasta on vähän. Suomessa ammatillisen peruskoulutuksen laatua suhteessa opiskelijoiden jatkositoutumiseen ovat tutkineet Maliranta, Nurmi ja Virtanen [28]. Ammatillisen peruskoulutuksen kustannustehokkuutta on tutkinut Ollikainen [34]. Ollikainen käytti panoksina opetus- ja hallintokustannuksia ja tuotoksena suoritettujen opintoviikkojen, suoritettujen tutkintojen ja hyväksytysti suoritettun tutkinnon jälkeen työelämään sijoittuneiden opiskelijoiden lukumäärää. Kaikki edellä mainitut tutkimukset ovat tarkastelleet koulutusprosessia oppilaan oppimisen ja sen seurauksien näkökulmasta verraten oppilaitoksia toisiinsa. Sotilaslentokoulutuksen tuotantoprosessit eroavat toisistaan maittain ja kouluittain, eikä lentokoulutusorganisaatioiden tuotantoprosessien, eikä tuloksien vertaaminen toisiinsa näin ollen anna validia tietoa yksittäisen organisaation tehokkuudesta tai tehottomuudesta. Yllä esitettyjen tutkimuksien perusteella voidaan kuitenkin todeta, että vaikka koulutusmenetelmät, opetussuunnitelmat ja oppilaiden lähtötaso olisivat standardisoidut, ei koulutuksen jälkeisen osaamisen tason mittaamiseen ole yleispätevää menetelmää. Mittaamismenetelmät tulee muodostaa huomioiden muun muassa oppilaiden aloitustaso, koulutuksen sisältö ja koulutusteknologia.

Lentokoulutusorganisaation tuotantoprosessit laadun hallinnan näkökulmasta on kuvannut Kahila [14]. Kahila ei ota työssään vielä kantaa kustannustehokkuuteen vaan hänen saamiaan tuloksia on siihen mahdollista käyttää kuvatussa organisaatiossa. S.L. Allison [4] ja L.E. Knollmeyer [20] ovat luoneet lentokoulutuksen kustannusarviointimallit alkeis- ja jatkokoulutukseen Yhdysvaltojen ilmavoimille. Mallien perusteella on mahdollista tutkia kuinka muutokset panoksissa vaikuttavat tuotantokustannuksiin. Vastaavan mallin Suomen ilmavoimille on virkatyönään luonut A. Vallivaara [41]. Aikaisempia tutkimuksia lentokoulutusorganisaation tuotantoprosessin kustannustehokkuudesta ei tämän tutkimuksen tekoaikana ollut käytävissä.

1.3 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää lentokoulutuksen kustannustehokkuuden evaluointia.

Tutkimuksen pääkysymys on:

- mitä tutkimusmenetelmiä lentokoulutuksen kehittämisessä tulisi käyttää kustannustehokkuutta optimoitaessa?

Päätutkimuskysymyksestä johdettuja alakysymyksiä ovat:

- mitä ovat yleisimmin käytetyt kustannustehokkuuden tutkimusmenetelmät?
- miten edellä määritellyt menetelmät ilmenevät 2000-luvulla toimineiden lentokoulutuksen kehittämistyöryhmien töissä?

1.4 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksessa on käytetty kirjallisuusselvityksen ja dokumenttianalyysin menetelmiä. Ensin koottiin aineistoa ja perehdyttiin kustannustehokkuutta käsittelevään kirjallisuuteen ja yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen kustannustehokkuutta käsittelevään taloustieteen opintomateriaaleihin. Kustannustehokkuuden käsite osoittautui laaja-alaiseksi ja osin vielä jäsentymättömäksi ja moniselitteiseksi. Tarkastelunäkökulmaksi valittiin tuotantotalouden näkökulma tuotantostrategisiin kysymyksiin ja tuotantorintamafunktioanalyysiin. Näiden teorioiden pohjalta analysoitiin kahden lentokoulutusjärjestelmää kehittäneen työryhmän loppuraportteja. Analysointi aloitettiin lukemalla raportit useaan kertaan. Toisessa vaiheessa raportit merkittiin edellä mainituista teorioista johdetuin koodein ja kolmannessa vaiheessa koodien perusteella tehtiin johtopäätöksiä. Päämääränä on arvioida lentokoulutuksen kehittämistyöryhmissä käytettyjä menetelmiä ja niiden soveltuvuutta lentokoulutuksen kustannustehokkuuden määrittelyyn ja selvittää mahdollinen lisätutkimuksen tarve.

1.5 Keskeiset käsitteet

Lentokoulutusjärjestelmällä tarkoitetaan ohjaajan eri koulutusvaiheita ja niiden sisältöä, lentokoulutusohjelmia, siirryttäessä vaiheittain alkeiskoulutuksesta peruslentokoulutuksen kautta hävittäjäkoulutukseen. Lentokoulutusjärjestelmään katsotaan koulutustoiminnan lisäksi

kuuluvan kaikki sotilaslentokoulutustoimintaan liittyvä maa- ja lentokalusto, tehtävänanto- ja -purkujärjestelmät, ohjekirjallisuus sekä toimintaa tukeva infrastruktuuri.

Alkeis- ja peruslentokoulutus käsittää lentokoulutusvaiheet yksi ja kaksi. Alkeislentokoulutuksen jälkeen oppilaan on hallittava tyyppi-, suunnistus-, mittari- ja taitolennon perusteet siten, että peruslentokoulutus voidaan aloittaa. Alkeislentokoulutusohjelman perusteella arvioidaan oppilaan soveltuvuus jatkokoulutukseen. Peruslentokoulutusvaiheiden tavoite on saattaa oppilas tasolle, jolta koulutusta voidaan jatkaa harjoitussuihkukoneella.

Valmiusohjaaja. Noin kahden vuoden kuluttua hävittäjäkoulutuksen aloittamisesta lentäjän voidaan katsoa saavuttaneen sellaisen taitotason lennettyään lentokoulutusohjelmat HN1 ja HN2, että hänestä käytetään nimitystä valmiusohjaaja.

Teknisen tehokkuuden sanotaan vallitsevan, kun yhden tuotoksen lisääminen vaatii joko jonkun muun tuotoksen vähentämistä tai jonkun panoksen lisäämistä. Teknistä tehokkuutta taloustieteen tuotantoteoriassa vastaa tuotantofunktio. Farrell [10] esitti ensimmäisenä teknisen tehokkuuden mittaa, joka vastaa maksimaalista kaikkien panosten samansuhteista vähentämistä siten, että tietty tuotantotaso voidaan vielä saavuttaa.

Allokatiivinen tehokkuus saavutetaan sillä tuotannon panosyhdistelmällä, joka minimoi yrityksen kustannukset. Allokatiivinen tehokkuus on osa kokonaistehokkuutta.

Kustannustehokkuus (kokonaistehokkuus) saadaan teknisen ja alloktiivisen tehokkuuden tulona. Kustannustehokkuus tarkoittaa havaittujen kustannusten tason ja kustannuksia minimoivan tason suhdetta. Kustannustehokas panosten käyttö on myös teknisesti tehokasta, mutta päinvastainen ei päde. Tekninen tehokkuus ei takaa kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuus on siten vaativampi kriteeri toiminnan tehokkuudelle kuin tekninen tehokkuus. Kustannustehokkuus ymmärretään usein synonyyminä sanalle taloudellisuus.

Taloudellisuus on kustannusten ja suoritteiden suhde. Pyrkimys tuottaa suoritteet mahdollisimman alhaisin kustannuksin tai tietyillä kustannuksilla mahdollisimman paljon suoritteita.

Tuotantorintamafunktio on tuotantojoukon yläraja. Tuotantofunktio esitetään tavallisimmin yhden tuotoksen suhteen. Silloin tuotantofunktio ilmoittaa suurimman mahdollisen tuotoksen, joka tietyillä panoksilla on mahdollista tuottaa. Kahdella panoksella, x_1 ja x_2 , siis $y = f(x_1, x_2)$.

DEA-menetelmä on deterministinen lineaarisen optimoinnin sovellutus, joka alun perin suunniteltiin voittoa tavoittelemattomien organisaatioiden tehokkuuden mittaamiseen. Perinteiset tehokkuuden arviointimenetelmät eivät sovellu tällaiseen ympäristöön, sillä tällöin jou-

dutaan yleisesti ottamaan huomioon tekijöitä, jotka eivät ole keskenään suoraan vertailukelpoisia, esimerkiksi rahassa mitattavissa.

Samatuotoskäyrä kuvaa niitä panoskombinaatioita, joilla jokin tuotos saadaan aikaan.

Panosvektori osoittaa kahden panoksen tuotannossa panosten keskenäisen suhteen.

Samakustannussuora kuvaa, ne panoskombinaatiot, jotka jollakin vakiokustannuksella voidaan ostaa.

Cobb-Douglas-funktio on paljon käytetty funktiomuoto tutkimuksessa, jossa on kaksi panosta ja on siksi yleinen esimerkki myös oppikirjoissa. Lineaarista funktioa käytetään paljon esimerkkinä sen yksinkertaisuuden vuoksi. Yleisiä olettamuksia ovat monotonisuus: jos yhden panoksen käyttöä lisätään, pitäisi olla mahdollista tuottaa vähintään sama kuin aiemmin ja konveksisuus: kaksi tuotantoteknologiaa mahdollistavat saman määrän tuottamisen.

1.6 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimus on teoreettinen tarkastelu kustannustehokkuuden käsitteestä ja kustannustehokkuuden tutkimisen menetelmistä ja niiden mahdollisesta soveltuvuudesta sotilaslentokoulutusorganisaation kustannustehokkuuden tutkimiseen. Tutkimuksessa ei tehdä käytännön sovelluksia eri kustannustehokkuuden tutkimusmenetelmillä eikä esitetä kustannusvertailuja. Tähän on ohjannut ilmavoimissa jo olemassa olevat ja tehdyt kustannustarkastelut ja toisaalta tutkimuksen raportille määrätty pituus. Sotilaslentokoulutusorganisaatiota on käsitelty kokonaisuutena, yhtenä tuotantoprosessina, ja näin ollen kustannustehokkuuden tutkimusmenetelmien soveltuvuutta ei ole arvioitu yksittäisien lentokoulutusvaiheiden eikä yksittäisien lentokoulutusyksiköiden näkökulmasta.

Sotilaslentokoulutusprosessin kustannustehokkuuden lisäämiseksi tehtyjä toimenpiteitä on tutkittu kahden 2000-luvulla tehdyn laajan ryhmätyön loppuraporttien perusteella. Päivittäin lentoyksiköissä tapahtuvat kustannustehokkuuteen vaikuttavat päätökset jäävät tarkastelun ulkopuolelle.

2 KUSTANNUSTEHOKAS TUOTANTOPROSESSI

2.1 Yleistä

Puolustusvoimien koulutusprosesseja ei ole totuttu vertaamaan teolliseen tuotantoon. Tuotantoprosessin kustannusten muodostumisen näkökulmasta voidaan kuitenkin löytää paljon yhtäläisyyksiä, olkoon kyseessä sitten esimerkiksi paperitehtaan- tai lentokoulutusorganisaation tuotantoprosessi. Lentokoulutettujen oppilaiden kysyntä noudattaa tiettyä säännönmukaisuutta. Lentokoulutusorganisaatiolla on tuotantokapasiteettia, jonka käyttöasteella on vaikutus tuotantokustannuksiin. Lentokoulutus voidaan nähdä tuotantoprosessina, johon kuluva-aikaa voidaan mitata. Olipa kyseessä minkä alan tuotanto tahansa, yksi keskeisimmistä tavoitteista on kustannustehokkuus. Kustannukset pyritään minimoimaan resurssien tehokkaalla käytöllä. Muita tavoitteita ovat aika, joustavuus ja laatu. Nopea tuotantoaika on tavoiteltavaa, koska se tehostaa prosessia ja näin pienentää kustannuksia. Joustavuudella ymmärretään sitä nopeutta ja kustannustehokkuutta, jolla prosessia voidaan muuttaa. Laadulla tarkoitetaan sitä, että tuote vastaa tilaajan asettamia vaatimuksia. Tuottavuus mittaa resurssien ja suoritteiden välistä suhdetta, eli tehokkuutta, jolla prosessi muuttaa panokset tuotoksiksi. Korkeaan tuottavuuteen pyritään pitkälle viedyllä tehtävänjaolla, tehokkailla tuotantomenetelmillä ja erikoistumisella [13].

Sotilaskoulutuksen lentokoulutukselle asettamat reunaehdot ohjaavat Ilmavoimien ohjaajatuotantoa erityisesti ajallisesti. Varusmieskoulutus kestää 362 vuorokautta, joiden aikana on opetettava lentämisen lisäksi myös varusmiehen muut tiedot ja taidot. Kadetin ja kandidaatin akateemiset opinnot vievät noin kolme vuotta kiivaimman lentokoulutusvaiheen ohessa. Lentokoulutusprosessin optimointi ajallisesti on toteutettava nämä huomioiden. Koulutusprosessin ja lopputuotteen laaduntarkkailu on jatkuvaa. Se toteutetaan yksilötasolla jokaisen lennetyn koululennon jälkeen ja toisaalta kokonaisuutta arvioidaan koulutusprosessin ohessa sekä lentokoulutusohjelmien kehitystyöryhmissä, lentueiden päälliköiden neuvottelupäivillä vuosittain ja suurimpien sota- ja lentoharjoitusten yhteydessä. Lentokoulutusohjelmien muutosehdotusmenettelyllä pyritään huomioimaan ohjaajakoulutuksen joustavuus laadunvarmistuksen osalta. Sotilaslentokoulutuksessa erikoistuminen on toteutettu muun muassa opettajien erikoistumisella eri lentolajeihin ja päivittäisen lentotoiminnan suunnittelun keskittämällä. Toisaalta sotilaslentokoulutuksen laadun mittaaminen voidaan nähdä ongelmallisena verrattaessa tuotantoprosessia kaupallisessa ympäristössä toimiviin tuotantoprosesseihin, joissa laadun riittävyyden määrittää asiakas tai koulutusprosessin päätteeksi oppilaan työllistyminen.

Sotilaslentokoulutuksen kustannusrakenteesta noin kaksi kolmasosaa muodostaa lentokaluston hankinta-, ylläpito- ja käyttökustannukset. Tähän kustannuserään lasketaan mukaan myös muun muassa maakoulutusvälineet. Lentokoulutuksen kokonaiskustannuksiin vaikuttaa voimakkaasti lentokoulutusohjelmistojen rakenne, sisältö ja lentojen määrä. Mitä enemmän lentokoulutusta pystytään antamaan niin sanotusti halvalla kalustolla, sitä alhaisemmaksi kalliin hävittäjäkaluston käyttökustannukset jäävät. Koulutettavien oppilaiden lukumäärä vaikuttaa lennettävien lentojen määrään ja lentojen kokonaismäärä vaikuttaa käyttökustannuksiin. Kiinteinä kustannuksina voidaan pitää koulutusrakennuksien vuokraa ja lentotukikohtien ylläpito-kustannuksia.

Luvun seuraavissa alaluvuissa on kuvattu kirjallisuusselvityksen perusteella teollisuudessa ja julkishallinnossa yleisesti käytettyjä kustannustehokkuuden tutkimusmenetelmiä. Ensin on esitetty yleisimpiä tuotantostrategisia näkökulmia tuotantoprosessin kehittämisessä ja jäljempänä yksityiskohtaisempia matemaattisia malleja tuotantoprosessissa olemassa olevan tehokkuuden ja tehottomuuden ilmaisemiseksi. Samalla on arvioitu menetelmien käyttöä ja soveltuvuutta lentokoulutusjärjestelmän kustannustehokkuuden tutkimiseen. Viimeisessä alaluvussa on kuvattu tämän hetkinen lentokoulutusjärjestelmä johdatuksena seuraavassa luvussa esitettyihin lentokoulutuksen kehittämistyöryhmien toimintakenttään.

2.2 Tuotantostrategiat

Tuotantostrategialla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän pitkän aikavälin tavoitteita ja keskeisiä keinoja, joilla niihin pyritään. Tuotantostrategian päätökset ovat vaikuttavuudeltaan suuria, koska investoinnit tuotantojärjestelmiin ovat suuria etenkin ilmailussa ja esimerkiksi lentokonehankintoihin sitoudutaan vuosikymmeniksi. Tuotantostrategiset ratkaisut voivat vaikuttaa joko välittömästi tai välillisesti tuotannon kustannuksiin ja tehokkuuteen. Välittömiä vaikutuksia saadaan usein muutoksilla tuotanto- ja tuoteteknologiaan. Muutokset henkilöstössä ilmenevät sitä vastoin usein välillisesti. Ratkaisut voivat olla joko kustannustehokkuutta lisääviä tai sitä heikentäviä. Tuotannon strategisia päätöksiä voidaan tarkastella eri näkökulmista.

Keskeisiä tuotantostrategisia kysymyksiä Haverilan mukaan ovat:

- 1) Tuotantomuodot

- 2) Prosessin laajuus ja toteutusperiaatteet
- 3) Tuotantolaitosten ja varastojen sijaintipaikkapäätökset
- 4) Kapasiteetin mitoitus ja muutosten toteutus
- 5) Tuotantoteknologia
- 6) Tuoteteknologia
- 7) Henkilöstö
- 8) Keskeiset tuotannon ohjaus- ja kehittämisperiaatteet [13].

Seuraavaksi tarkastellaan edellä esitettyjä kahdeksaa tuotantostrategista kysymystä ensin tuotantoprosessin kannalta yleensä ja toiseksi lentokoulutusjärjestelmän näkökulmasta.

Tuotantomuoto määrittelee tuotantojärjestelmän toiminnan perusteet ja toiminnanohjauksen tavoitteet. Tuotantomuodot määräytyvät usein tuotteen ominaisuuksien, tuotantomäärien sekä käytetyn jakelutien perusteella. Yrityksen mahdollisuudet vaikuttaa harjoittamaansa tuotantoon ovat rajalliset. [13] Tuotantomuotoja tunnistetaan yleisesti kolme, yksittäistuotanto, erä- eli sarjatuotanto ja joukko- eli massatuotanto. Ilmavoimien ohjaajakoulutus on lähempänä sarjatuotantoa, kuin esimerkiksi maavoimien joukkotuotantoa. Koulutusmäärien pienuudesta ja esimerkiksi sääolosuhteista johtuen jokainen koulutettu ikäluokka on hieman erilainen. Opetettavien asioiden luonteesta ja koulutuksen kustannuksista johtuen koulutus on hetkittäin jopa yksittäistuotantoa.

Prosessin laajuus ja toteutusperiaatteet liittyvät siihen, että kaikkea ei todennäköisesti kannata tehdä itse. On päätettävä mitkä toiminnot ja prosessin osat tehdään itse ja mitkä osat ulkoistetaan. [13] Sotilaslentokoulutuksessa tätä on sovellettu vuodesta 2005 ulkoistamalla osa peruslentokoulutuksen tuotannosta käsittäen muun muassa osia teoria- ja lennon opetuksesta ja koko lentokaluston teknisen tuen. Sotilaslentokoulutuksen näkökulmasta ulkoistamisessa keskeistä ovat muun muassa toiminnan jatkuvuuden turvaaminen erilaisissa häiriötilanteissa ja sotilaallisen ilmapiirin (military ethos) säilyminen.

Sijaintipaikalla vaikutetaan yhteistyöhön asiakkaan, toimittajan ja yhteistyökumppanin kanssa. Paikan valintaan vaikuttavat mahdollisesti myös muun muassa aluetuet ja työvoiman saatavuus. [13] Maanpuolustuksen sijaintijärjestelyt Suomessa ovat mitä suurimmissa määrin aluepolitiikkaa ja määritellään näin ollen ikään kuin konsernin ulkopuolelta, jolloin ne voidaan lukea tuotannon ohjaus- ja kehittämisperiaatteiksi. Toisaalta ilmailun infrastruktuurin järjestelyihin vaikuttaa myös ilmatilan saatavuus ja hallinnointi asettaen tuotannon sijainnille

reunaehtoja. Toiminnan luonteeseen liittyvä helppo liikkuvuus tuo toisaalta joustoa ilmatilan käytön suhteen.

Valmistuskapasiteetti tulee mitoittaa kysynnän mukaan. Kapasiteetti mittaa tuotantokykyä. Tuotantokykyä mitataan tuotettujen tuotteiden määrällä suhteessa aikaan. Kapasiteetin määrittelyyn vaikuttavat muun muassa kapasiteetin hinta, alihankkijoiden saatavuus ja hinta sekä tuotteen varastoitavuus. [13] Osittain tämä koskee myös sotilaslennonopetusta. Ilmavoimien lentokoulutuksessa tuottaja on myös asiakas ja tuleva työnantaja, jolloin resursseja ei kannata tuhjata kouluttamalla ylimääräisiä ohjaajia, joille ei voida osoittaa työtä. Toisaalta koulutuksen aloittavien määrä tulee pystyä optimoimaan siten, että valmistuvia on tarpeeksi huomioiden ennenaikainen poistuma ja esimerkiksi edelliset kurssit. Tästä syystä lentokoulutustarve voi vaihdella hieman vuosittain. Kapasiteetti on siis mitoitettava siten, että sitä on riittävästi, mutta ei liikaa.

Tuotanto- ja tuoteteknologialla vaikutetaan tuotteen laatuun sekä kilpailukykyyn. Automaatioilla ja uusilla menetelmillä voidaan kehittää tuotantoa monipuolisesti. Uuden teknologian käytöllä voidaan kehittää tuotteen ominaisuuksia. Tuoteteknologian ja tuoteominaisuuksien kehittäminen vaatii tuotantoteknologian uudistamista. Kaikki uuden teknologian käyttöönotto edellyttää laiteinvestointien lisäksi henkilöstön kouluttamista. [13] Myös lentokoulutuksen on kehityttävä nopeasti kehittyvän ilmailuteollisuuden mukana. Esimerkiksi aiempaa kehittyneemmät paikantamismenetelmät tuottavat uusia viranomaisvaatimuksia ja lentomenetelmiä, jotka tuovat mukanaan uusia teknisiä laitteita ja sovelluksia. Kehittyvät asejärjestelmät vaativat myös kehittyneitä, nykyaikaisia koulutusvälineitä ja koulutusta, jotta lopputuote valmiusohjaaja, olisi valmistuessaan kilpailukykyinen.

Organisaation menestys pitkällä aikavälillä on keskeisesti kiinni henkilöstön ominaisuuksista. Henkilöstön taidot, kyvyt ja motivaatio määrittelevät toiminnan tehokkuuden ja kehityspotentiaalin. Työsuhteet ovat pitkäaikaisia, joten henkilöstön valintaan on kiinnitettävä huomiota. Työntekijöiden henkilökohtaisen osaamisen ja motivaation kehittäminen on tärkeää organisaation suorituskyvyn ja kehittämisen kannalta. [13] Sotilasilmailussa henkilöstövalinnat ovat suuri osa tuotannon kustannustehokkuudesta. Ohjaajien valintavaiheessa tehdyt virheet saattavat aiheuttaa myöhemmin miljoonien eurojen menetyksen koulutuksen keskeytyessä esimerkiksi puuttuvien ohjaajaominaisuuksien johdosta. Myös lennonopetustyön anti oppilaalle on suurelta osin kiinni opettajan henkilökohtaisista ominaisuuksista. Opetustyö voidaan kokea yksitoikkoiseksi ja motivaation puute näkyy opetustyön laadussa. Toisaalta yhden briljantin

opettajan varaan rakennettu opetuskokonaisuus on organisaation kannalta haavoittuvainen. Työskentely lentoteknisellä alalla vaatii vuosien harjaantumisen tehtävässä tarvittavien kelpoisuuksien saavuttamiseksi. Tuotantoprosessin jatkuva muutos vaatii myös henkilöstöltä jatkuvaa itsensä kehittämistä ja korkeaa motivaatiota. Pitkäjänteinen ja kauas katsova henkilöstöstrategia on kustannustehokkuuden kannalta myös sotilasilmailussa erittäin tärkeää.

Tuotannonohjausperiaatteilla tarkoitetaan ohjausmenetelmiä, järjestelmien toteutusperiaatteita sekä organisaatorakennetta. Tuotannon kehittämisperiaatteet määrittelevät tavoitteet ja keinot, joilla organisaation toimintaa kehitetään. [13] Puolustushallinnon ja Puolustusvoimien yleinen hallintorakenne, käskyt ja toimintamallit ohjaavat myös Ilmavoimia. Ilmavoimien toiminta-ajatus, missio, visio ja strategiat ohjaavat myös lentokoulutuksen tuotannonohjausta. Julkaistujen ohjeiden ja suuntaviivojen lisäksi toimintaa ohjaa voimakas itseohjautuvuus ja avoin keskustelukulttuuri. Toisaalta ilmavoimien tuotannon ohjaukselle voi antaa myös vaatimuksia. Jos ilmavoimat kykenee määrittelemään selkeät, suhteellisen pysyvät, vaatimukset, on lentokoulutuksen kustannustehokkuus myös helpommin optimoitavissa.

Lentokoulutusprosessin läpikäyminen ja tarkastelu Haverilan keskeisten tuotantostrategisten kysymysten avulla kohdistaa huomion tuotantoprosessin kustannustehokkuuden kannalta olennaisiin kysymyksiin. Optimoimalla kaikki listan kahdeksan osa-aluetta tulee tuotantoprosessi läpikäytyä tehokkaasti ja kattavasti. Tuotantostrategisiin kysymyksiin vastaaminen tuottaa nopeasti esille kohtia, joissa tuotantoa voisi tehostaa tai jotka on turvattava tuotannon tehokkuuden säilyttämiseksi. Menetelmänä keskeisiin tuotantostrategisiin kysymyksiin vastaaminen soveltuu hyvin lentokoulutusjärjestelmän karkeaan kustannustehokkuuden määrittelyyn.

2.3 Tehokkuuden määrittely ja mittaaminen

Tehokkuus ja tuottavuus käsitteinä liittyvät toisiinsa. Niitä käytetäänkin arkikielessä usein synonyymeinä. Taloustiede määrittelee sekä tehokkuuden, että tuottavuuden monin eri tavoin. Seuraavassa on käsitelty tuottavuuden ja tehokkuuden käsitteitä tämän tutkimuksen kannalta.

Tuottavuus käsitetään tuotteiden ja tuotantopanosten välisenä suhteena. Toisin sanoen tuotoksen määrän ja laadun suhde käytettyjen tuotantoresurssien määrään ja laatuun. Kokonaistuottavuudella tarkoitetaan valmiiden tuotteiden ja kaikkien panosten välistä suhdetta [37].

Tuottavuuden vaihteluun vaikuttavat tekijät voidaan luokitella eroina tuotantoteknologiassa, tuotantoprosessin tehokkuudessa ja tuotantoympäristössä [27]. Tuotantoprosessin tuottavuuden muutokset voidaan eritellä teknologiseen kehitykseen eli tuotantomahdollisuuksien muutokseen ja teknisen tehokkuuden muutokseen [31].

Tehokkuus on tuottavuuden alakäsite ja siten olennainen osa tuottavuutta. Tehokkuustutkimuksen lähtökohta on usein, että organisaatio ei toimi tehokkuuden kannalta optimaalisesti. Tuottavuutta voidaan parantaa tehokkuutta parantamalla. Säästävät resurssit voidaan joko kohdentaa tuotannon lisäämiseen tai mahdollisesti muihin prosesseihin.

Talousteorian tehokkuuskäsitteitä ovat muun muassa tekninen tehokkuus, alloktiivinen tehokkuus ja kustannustehokkuus eli kokonaistehokkuus [10]. Tuotantolaitoksen tuotanto on teknisesti tehokasta, jos yrityksen ei ole mahdollista vähentää yhden panoksen käyttöä lisäämättä toisen panoksen käyttöä tai vähentämättä vähintään yhden lopputuotteen määrää [21]. Alloktiivinen tehokkuus kuvaa yrityksen panosvalintojen onnistumista suhteessa kustannusten minimointitavoitteeseen tai voittojen maksimointitavoitteeseen [12]. Kustannustehokkuus on mahdollista vain tuotannon ollessa sekä teknisesti, että alloktiivisesti tehokasta. Eli on siis huomioitava, että teknisesti tehokas tuotanto ei välttämättä ole kustannustehokasta.

Sotilaslentokoulutuksen tavoitteista ja vaikutteista huolimatta se voidaan asettaa tehokkuus-tarkasteluun, kuten mikä tahansa tuotantoprosessi. Tehokkuustarkastelu voidaan tehdä muun muassa resurssien, tuotantojärjestelmän ja suoritteiden suhteen. Tuotanto-organisaation ja suoritteiden välistä suhdetta kuvaa tekninen tehokkuus. Tekninen tehokkuus ilmoitetaan esimerkiksi kapasiteetin käyttöasteena. Tunnuslukuna voi olla esimerkiksi koneella lennettyjen lentotuntien määrä suhteessa aikaan. Taloudellisen tehokkuuden kertoo resurssien ja suoritteiden välinen suhde. Tunnuslukuna voi olla esimerkiksi koulutuksen kokonaiskustannuksien suhde valmiiden lento-oppilaiden määrään. Alloktiivinen tehokkuus muodostuu resurssien ja tuotanto-organisaation rakenteiden välisestä suhteesta. Suhdeluku ilmoittaa, kuinka tehokkaasti organisaation panokset on suhteutettu tuotettavaan tuotteeseen. Lentokoulutuksessa esimerkiksi lennonopettajien lukumäärä suhteessa koululentoihin, koululentojen suhde lennettyihin lentoihin ja simulaattorilentojen määrä koulutuksesta edustavat alloktiivistä tehokkuutta.

Ensimmäisiä tuotannon tehokkuuden tarkasteluja ovat esittäneet esimerkiksi vuonna 1951 Koopmans [21] ja Debreu [9]. Farrelin [10] määriteltyä kustannustehokkuuden vuonna 1957,

tuotannon tehokkuuden mittaamisen kehittäminen pääsi kunnolla käyntiin. Farrel määrittä tuotannon tehokkuuden käyttäen lineaarista ohjelmointia. Aineistona toimivat maataloustuotannon tuotantotiedot.

Tuotannon tehokkuuden mittaamiseen on myöhemmin kehitetty monia eri malleja. Mallit voidaan jakaa esimerkiksi satunnaisiin (stokastinen) ja ennalta määriteltyihin (deterministinen). Malleista on useita erilaisia sovelluksia ja joissakin niitä on yhdistelty toisiinsa. Menetelmät voidaan jaotella monella eri tavalla. Taulukossa 1. on esitetty tuotannon tehokkuuden tutkimisen menetelmiä.

TAULUKKO 1. Menetelmien ja mallien jaottelua tehokkuustarkastelussa.

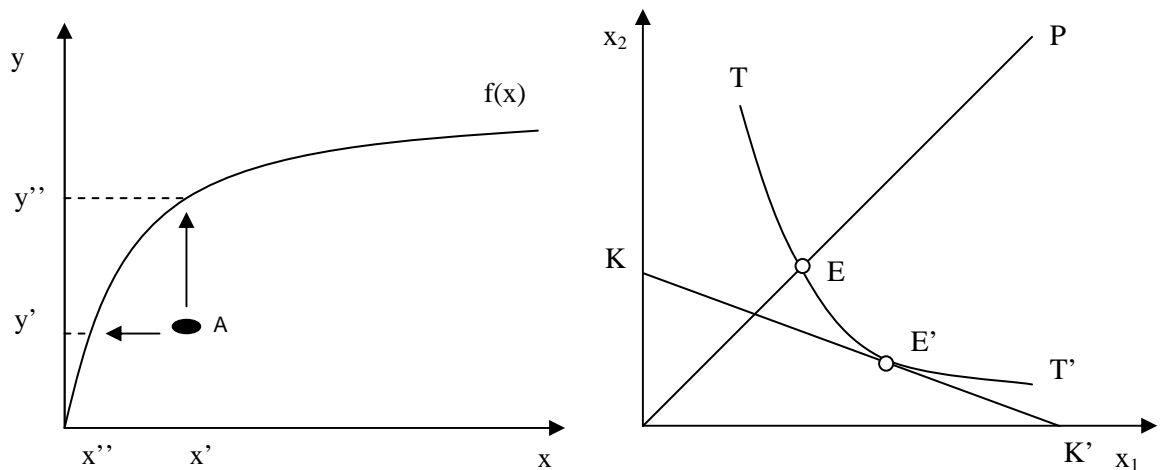
Tuotantoteknologia	Tehottomuuden ja satunnaismuutoksen erottelu	
	Satunnaismuutos sisältyy tehottomuuteen (deterministinen)	Tehottomuus ja satunnaismuutos huomioitu (stokastinen)
Määrätty funktio- muoto (parametri- nen)	Ekonometrinen estimointi: <ul style="list-style-type: none"> ◦ COLS (Corrected Ordinary Least Squares) ◦ Deterministinen rintamamalli (DSA) [1], [12].	Ekonometrinen estimointi: <ul style="list-style-type: none"> ◦ MOLS (Modified Ordinary Least Squares) ◦ Suurimman uskottavuuden menetelmä -> Stokastinen tuotantorintamafunktioanalyysi (SFA) [3], [5].
Ei määrättyä funktio- muotoa (ei-parametri- nen)	Matemaattinen optimointi: Data Envelopment Analysis (DEA) [6], [32].	Matemaattinen optimointi: Stochastic Data Envelopment Analysis (SDEA) [23], [33].

Tehokkuuden mittaamisen perusperiaate on, että ensin arviointimenetelmän avulla muodostetaan arvio teoreettisesta tehokkaasta tuotantorintamafunktiosta. Seuraavaksi tuotantolaitoksen empiiristä aineistoa verrataan muodostettuun teoreettiseen tuotantorintamafunktioon. Tutkimusmenetelmien (taulukko 1) lähtökohdissa on kuitenkin periaatteellinen ero. Ei-parametriset menetelmät olettavat, että poikkeamat teoreettisesti tehokkaasta tuotantorintamasta johtuvat

ainoastaan tehottomuudesta, esimerkkinä DEA-menetelmä. Parametriset menetelmät taas jakavat poikkeukset tehokkaasta tuotantorintamasta sekä tehottomuuteen että satunnaisuudesta johtuviin poikkeamiin, esimerkkinä SFA-menetelmä [22].

Stokastisessa, ekonometrisessä menetelmässä aineistoon sovitetaan tuotantofunktio tilastotieteen menetelmin. Tulkinta rajoittuu näin yhteen funktioon. Virhe funktion muodostuksessa aiheuttaa virheellisiä tulkintoja tehottomuudesta. Tehottomuuden jakautumisesta joudutaan lisäksi tekemään olettamuksia ennen tutkimusta [27].

Ei-parametrisissä menetelmissä aineistoon sovitetaan deterministinen reunafunktio matemaattisen ohjelmoinnin menetelmin. Menetelmien vahvuutena voidaan pitää, että mallia ei ole sidottu tiettyyn funktioon. Toisaalta satunnaisvaihtelua ja tehottomuutta ei pystytä erottelemaan [27]. Tehottomuus ja satunnaisterman vaihtelu on erotettavissa toisistaan SFA-mallissa ja tuloksien tulkinnassa voidaan käyttää tilastotieteen menetelmiä. Tämä tosin asettaa vaatimuksia otokselle.



KUVIO 1. Tehottomuus ja tehokkuuskäsitteiden kuvaus.

Kuviossa 1. vasemmalla esitetään tuotannon tehokkuutta tuotantofunktion $f(x)$ avulla. Organisaatio käyttää määrän x' panoksia tuottaakseen määrän y' tuotteita. Tuotanto on tehotonta pisteessä A , organisaatio pystyisi tuottamaan samalla panoksella x' enemmän tuotteita pisteessä y'' . Toisaalta saman tuotantomäärän, y' , tuottaminen olisi mahdollista pienemmällä panoksella, x'' . Tuotanto-organisaatio toimii tuotantofunktion alapuolella.

Oikeanpuoleisesta kuvaajasta ilmenevät tehokkuuskäsitteiden väliset suhteet. Kuvaaja sopii tehokkuustarkasteluun organisaatiolle, joka tuottaa kahdella panoksella yhtä tuotetta. Kuvaajassa (TT') on samatuotoskäyrä, (P) on panosvektori, (KK') on samakustannussuora. KK' kulmakerroin kertoo panosten hintasuhteen. Organisaation toiminta on pisteessä E teknisesti tehokasta. Taloudellisesti ajateltuna ei ole kuitenkaan järkevää toimia tässä pisteessä. Kuvaaja osoittaa, että muuttamalla panosten käyttösuhdetta päästään samaan tuotantoon pienemmillä panoksilla. Piste E' on siis sekä teknisesti, että allokatiivisesti tehokas. Kustannustehokkuus on mahdollista vain, jos organisaation tuotantoprosessi on sekä teknisesti, että allokatiivisesti tehokasta [10].

2.4 Tuotantorintamafunktioanalyysi

SFA-malli esitellään seuraavaksi Kumbhakar ja Lovelin [22] mukaisesti kahdessa osassa. Ensimmäisessä, deterministisessä osassa tehottomuuskomponentti kuvaa etäisyyttä estimoidusta tuotantorintamasta. Toisessa, stokastisessa osassa esitetään, kuinka tämä komponentti on jaettavissa kahteen osaan, jolloin myös satunnainen tuotannon vaihtelu huomioidaan mallissa. Tuotantorintamafunktio mallit esitetään yksinkertaisuuden vuoksi sovellettuna poikkeikkausaineistoon. SFA-malli on valittu yllä esitellyistä malleista sen sisältämän satunnaisvirhetermin johdosta, joka mahdollistaa poikkeamat tuotantorintamafunktion molemmiin puoliin. Näin ollen se vastaa sotilaslentokoulutuksen tuotantoprosessia edellä esitetyistä parhaiten.

2.4.1 Deterministinen tuotantorintamafunktio

Tuotantorintamafunktio huomioiden tuotannon tehottomuus voidaan esittää yhden lopputuotteen suhteen siten, että tuotantolaitokset tuottavat lopputuotteen tuotantopanosten yhdistelmällä. Tällöin deterministinen tuotantofunktio voidaan esittää muodossa

$$(1) \quad y_i = f(x_i, \beta) TE_i,$$

missä y_i on tuotantojärjestelmän i ($i = 1, \dots, I$) tuotos. Muuttuja x_i kuvaa tuotantojärjestelmän i tuotantopanoksia. $f(x_i, \beta)$ kuvaa tuotantorintamaa ja $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$ on vektori, joka kuvaa tuotantotekniikkaa. TE_i kuvaa tehottomuutta. Yritykset yleensä pyrkivät maksimoimaan voittonsa ja tuottamaan tuotantopanoksillaan suurimman mahdollisen tuotannon määrän. Uusklassisen tuotantoteorian mukaan havaitun tuotantomäärän y_h tulee sijaita tuotantorintamalla

$y_h = f(x_i, \beta)$. Todellisuudessa tuotanto kuitenkin eroaa maksimaalisesta rintamasta eli tuotantofunktiosta siten, että havaittu tuotanto on pienempi kuin teoreettinen maksimituotanto eli $y_h < f(x_i, \beta)$. Tällöin tuotanto on tehotonta.

Determinististä mallia on kritisoitu siitä, että malli ei huomioi mittausvirheitä ja muita satunnaistekijöitä. Mallin mukaan kaikki poikkeamat tuotantorintamasta johtuvat tehottomuudesta. Hyvänä puolena voidaan kuitenkin mainita deterministisen mallin yksinkertaisuus. Kun mallissa huomioidaan satunnaisuuden mahdollisuus, se monimutkaistuu huomattavasti [7, 10].

Deterministinen tuotantorintamafunktio soveltuu huonosti sotilaslentokoulutusjärjestelmän tuotannon tehokkuuden kuvaamiseen. Sotilaslentokoulutusjärjestelmän tuotannon tehon poikkeamat tehokkaasta tuotantorintamasta voivat olla monestakin syystä järjestelmästä itsestään johtumattomia. Tällaisia syitä ovat esimerkiksi sää ja oppilaiden lentokoulutuksen rinnalla suorittamat muut opinnot. Näistä syistä determinististä tuotantofunktiota ei tarkastella tässä yhteydessä tämän enempää.

2.4.2 Stokastinen tuotantorintamafunktio

Stokastista tuotantorintama-analyysiä (SFA) voidaan käyttää muun muassa tarkasteltaessa teknistä tehokkuutta ja kustannustehokkuutta [22, 11]. Tuotantofunktion arvioimiseen tarvitaan tieto lopputuotteen ja tuotantopanosten määristä. Arvioinnin aineisto voi olla esimerkiksi poikkileikkausaineisto, jossa on havaintoja useasta yksiköstä, esimerkiksi eri lentueista, tietynä ajankohtana. Tutkimusaineisto voi myös olla aikasarja-aineisto toimialakohtaisella aggregaattitasolla tai paneeliaineisto, jossa on useiden yksiköiden tietoja usealta ajankohdalta [8].

Stokastisen tuotantorintamafunktiomallin perusteet esittivät vuonna 1977 Aigner ym. [3] sekä Meeusen ja Van den Broeck [29]. Deterministiseen rintamafunktiomalliin verrattuna stokastiseen malliin sisältyy normaalijakautunut satunnaisvirhetermi v_i . Huomioitaessa, että myös satunnaiset tekijät vaikuttavat tuotannon määrään, yhtälö (1) voidaan esittää muodossa

$$(2) \quad y_i = f(x_i, \beta) \exp\{v_i\} TE_i,$$

jossa $f(x_i, \beta)\exp\{v_i\}$ kuvaa stokastista rintamafunktiota ja jossa on kaikille tuotantojärjestelmille sama, aikaisemmin esitetyn mukainen deterministinen osa $f(x_i, \beta)$. Mallissa on myös tuotantojärjestelmäkohtainen osa $\exp\{v_i\}$, joka ilmaisee tuotantojärjestelmän tuotoksen satunnaisten vaihtelun. Ratkaisemalla yhtälöstä (2) termi TE_i saadaan

$$(3) \quad TE_i = \frac{y_i}{f(x_i, \beta)\exp\{v_i\}},$$

joka määrittää teknisen tehokkuuden todellisen tuotoksen ja suurimman mahdollisen tuotoksen suhteena huomioitaessa myös satunnaisvaikutukset. Nyt y_i saavuttaa suurimman mahdollisen arvonsa $[f(x_i, \beta)\exp\{v_i\}]$, jos ja vain jos $TE_i = 1$. Kun $TE_i < 1$, suurimman mahdollisen tuotannon ja todellisen tuotannon välillä on eroa.

Oletettaessa tuotannon noudattavan Cobb-Douglas -funktiota, stokastinen tuotantorintamafunktiomalli voidaan esittää logaritmoimalla lineaarisessa muodossa [3]

$$(4) \quad \ln(y_i) = \beta \ln x_i + v_i - u_i,$$

jossa termi v_i kuvaa satunnaistekijöiden vaikutusta tuotoksen suuruuteen, ja u_i on ei-negatiivinen satunnaistermi. Satunnaiseen vaihteluun voi olla eri syitä, jotka eivät aiheudu tuotajasta tai tuotantoteknologiasta. Näitä tekijöitä voivat olla esimerkiksi sääolojen vaikutukset, ongelmat polttoaineen käytettävyydessä tai lakko. Satunnaismuuttujien v_i oletetaan olevan riippumattomasti ja identtisesti (*i.i.d.*) normaalijakautuneita ja niiden keskiarvo on nolla ja varianssi vakio σ_v^2 eli $N(0, \sigma_v^2)$, jossa N voi olla esimerkiksi yksittäinen lento, lentokoulutusohjelman lentolaji (esim. typpi-, suunnistus-, mittarilento), lentokoulutusohjelma tai tietyllä konetyypillä annettava lentokoulutus. Satunnaismuuttujien u_i ja v_i oletetaan olevan myös riippumattomia toisistaan. Tehottomuustermien jakaumaoletukset vaihtelevat stokastisen tuotantorintamafunktion eri mallivariaatioissa. Muuttujien u_i voidaan olettaa olevan, kuten Aigner ym. [3] esittävät, *i.i.d.* puolinormaalisti $N^+(0, \sigma^2)$ jakautuneita satunnaismuuttujia. Stevenson [38] esitteli vaihtoehtona katkaistun normaalijakauman $N^+(\mu, \sigma^2)$ oletuksen. Termit u_i voidaan myös olettaa olevan eksponentiaalisesti jakautuneita satunnaismuuttujia [22]. Mallia kutsutaan stokastiseksi, koska tuotoksen arvot ovat sidoksissa satunnaisvirhetermiin v_i , joka voi olla sekä positiivinen että negatiivinen, joten stokastinen tuotos voi vaihdella

deterministisen rintaman $f(x_i, \beta)$) molemmin puolin toisin kuin deterministisissä malleissa. Lentokoulutusta mallinnettaessa satunnaismuuttujia voivat olla esimerkiksi lento-oppilaiden lukumäärä, sääolosuhteet, lentokoneiden kuntoisuus ja lennonopettajien lukumäärä.

Stokastinen tuotantorintamafunktio soveltuu sotilaslentokoulutuksen tuotannon kuvaamiseen paremmin kuin deterministinen tuotantorintamafunktio. Satunnaisvirhetermi mahdollistaa sotilaslentokoulutukselle tyypillisen vuosittaisen vaihtelun mallintamisen esimerkiksi säiden vaihtelujen, lentokoulutusohjelmien muutoksen ja koulutusryhmien kokojen muutoksien mukaan. Stokastisen menetelmän eduksi voidaan lukea myös mahdollisuus muuttujien merkittävyyden testaamiseen toisin kuin esimerkiksi deterministisessä DEA-menetelmässä.

2.5 Lentokoulutusjärjestelmä

Lentokoulutusjärjestelmällä tarkoitetaan ohjaajan eri koulutusvaiheita ja niiden sisältöä siirtäessä vaiheittain alkeiskoulutuksesta peruslentokoulutuksen kautta hävittäjäkoulutukseen. Lentokoulutusjärjestelmään katsotaan kuuluvan muun muassa lentotoimintaan kuuluvan infrastruktuurin, maalaitteet ja lentokoneet, teoriakoulutuksen ohjekirjallisuuksineen, lentotehtävien annot ja -purkutoiminnot sekä tietysti itse lentotoiminta. Ilmavoimien ohjaajakoulutuksen keskeinen tavoite on, että ohjaajia tuotetaan koulutusvaatimusten mukaisesti siten, että valmiusohjaajan kelpoisuus saavutetaan mahdollisimman lyhyessä ajassa pyrkien tehokkaaseen tuotantoon. Samalla annetaan Maanpuolustuskorkeakoulun hyväksymä ja osin toteuttama sotatieteen maisterin koulutus.

Ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmän päätehtävä on tuottaa kriisiajan valmiusvaatimusten mukainen määrä korkeatasoisia monitoimihävittäjäohjaajia. Alkeis- ja peruslentokoulutusjärjestelmän tehtävä on antaa riittävä lentokoulutus ja lentokokemuspohja ennen suihkuharjoituskoneella aloitettavaa lentokoulutusta sekä mahdollistaa hävittäjäkoulutukseen sopivien henkilöiden valinta.

Lentokoulutusjärjestelmä on käytännössä todettu hyväksi, eikä sen rakenteen muuttamiselle ole toistaiseksi nähty tarvetta. Suomalaisen sotilaslentäjän koulutus alkaa valinnoilla joka vuoden tammikuussa. Viisivaiheisen valintaprosessin tuloksena valitaan tyypillisesti noin 600 hakijan joukosta noin 40 lento-oppilasta varusmiespalvelukseen Ilmasotakoulun lentoreser-

viupseerikurssille. Varusmiespalvelus alkaa heinäkuussa ja kestää vuoden. Kurssin aikana rekrytoidaan ilmavoimien kadettikurssille noin 20 lentoupseeriksi koulutettavaksi kelpaavaa. Määrä on todettu riittäväksi myös ennenaikainen poistuma huomioiden. Valintaprosessissa on onnistuttu hyvin mittaamaan niitä pyrkijöiden ominaisuuksia, jotka korreloivat myöhemmin valinnoissa hävittäjäohjaajaksi ja näin minimoidaan turhaa koulutusta ja kustannuksia.

Kadettikurssin kandidaattivaihe kestää kolme vuotta. Koulutusvaiheen lopussa kadetti saa saamansa alkeis- ja peruslentokoulutuksen perusteella lentomerkin, joka on samalla sotilaslentäjän lupakirja. Tämän jälkeen lentokoulutus jatkuu vielä noin vuoden Lentosotakoulussa Hawk-kalustolla. Tämä lentokoulutusvaihe koostuu taktisen lentämisen perusteista. Koulutusvaiheen jälkeen oppilaat voivat jatkaa edelleen lennostojen hävittäjälentolaivueissa tapahtuvaan hävittäjäkoulutukseen.

Noin kahden vuoden kuluttua hävittäjäkoulutuksen aloituksesta lentäjän voidaan katsoa saavuttaneen sellaisen taitotason, että hänestä käytetään nimitystä valmiusohjaaja, jolloin hän on niin sanotusti sotakelpoinen ohjaaja. Koulutus sotakelpoiseksi ohjaajaksi kestää seitsemän vuotta, josta akateemisten opintojen osuus on yli kolme vuotta. Akateemisiin opintoihin käytetty aika ei ole optimaalinen lentokoulutuksen tehokkuuden näkökulmasta, mutta sen voidaan katsoa sisältyvän tuotantoprosessin ulkoa tuleviin keskeisiin tuotannon ohjausperiaatteisiin. Hävittäjäkalustolla annetaan tämän jälkeen moninaista lisäkoulutusta, jotta ohjaajilla on kyky ja kelpoisuudet toimia eri tehtävissä ja operaatioissa sekä käyttää joustavasti ja tehokkaasti kaluston kaikkia laitteita ja järjestelmiä.

Ilmavoimien lentokoulutus on perinteisesti annettu Ilmavoimien omalla lentokalustolla ja omissa organisaatioissa. Ilmavoimat ulkoisti alkeis- ja peruslentokoulutuksen ja -kaluston teknisen tuen syksyllä 2005. Toiminta on edelleen sotilasilmailua, mutta toiminnan kokonaisvastuu on yksityisellä palvelun tarjoajalla. Koulutusorganisaatiossa toimii lennonopettajina ilmavoimien henkilöstöä ja palveluntarjoajan palveluksessa olevia ilmavoimien evp-lennonopettajia. Menettelyllä vapautettiin henkilöstöä päätuotantoon, hävittäjätoimintaan.

Ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmän alkeis- ja peruslentokoulutus, jossa ohjaajat valitaan kadettikurssille varusmiespalveluksen aikana, on ollut pitkään käytössä. Järjestely on osoit-

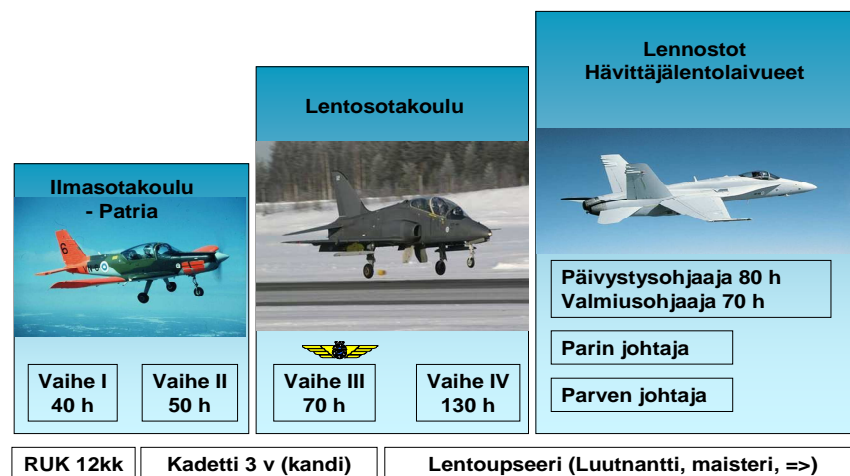
tautunut hyväksi ja toimivaksi. Valittujen ohjaajien koulutuksen keskeyttämisprosentti on ollut kansainvälisesti tarkasteltuna pieni myös koulutuksen myöhäisemmissäkin vaiheissa, vaikka erityisesti hävittäjäohjaajakoulutus on hyvin nousujohteista.

Tuotantoteknologian kannalta painopiste on voimakkaasti lentokoulutuksen loppupuolella. Alkeis- ja peruslentokoulutus lennetään Vinka-kalustolla kahdessa eri lentokoulutusohjelmassa (VN1 ja VN2) käsittäen noin 90 lentotuntia ennen siirtymistä Hawk-kalustoon. Vinka-kalusto on suorituskyvyltään vaatimaton verrattuna peruskoulutuksessa yleisesti käytettäviin potkuriturbiinikoneisiin. Se mahdollistaa kuitenkin tarvittavien lentolajien perusteiden kouluttamisen siten, että hitaasta mäntämootorikoneesta voidaan turvallisesti siirtyä suoraan suorituskyykyiseen suihkuharjoituskoneeseen.

Kaksivaiheinen (HW1 ja HW2), noin 180 lentotuntia sisältävä Hawk-koulutus on sisällöltään laaja, kattaen myös pitkälle menevän taktisen koulutusvaiheen, joka on merkittävästi laajempi kuin vastaava koulutusvaihe useimmissa eurooppalaisissa ilmavoimissa. Pitkälle viety Hawk-koulutus mahdollistaa ohjaajien ilmataistelukykyjen kehittämisen ja tehokkaan analysoinnin sekä ennusteen tekemisen ohjaajan jatkokoulutuskelpoisuudesta hävittäjäohjaajaksi. Ratkaisu voidaan nähdä toisaalta tuoteteknologisena, jollaisena se ilmenee ohjaajien kansainvälisessä vertailussa korkeana osaamisen tasona. Toisaalta ratkaisu on henkilöstöstrateginen jossa ohjaajien ominaisuudet tulevat viimeistäänkin todettua riittäviksi ennen kallista hävittäjäkoulutusta.

Laaja Hawk-koulutus pohja on lisäksi mahdollistanut Hornet-koulutuksen erittäin nousujohteisen toteutuksen pienentäen näin kalliiden hävittäjäkoulutustuntien määrää. Tähän mennessä ohjaajilla ei ole ollut merkittäviä vaikeuksia siirtyä Hornet-lentokoulutukseen, ja Hornet-koulutuksen keskeytyksiä on ollut vain vähän.

Lentokoulutusjärjestelmä



KUVA 1. Suomen Ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmä. Lähde: Ilmavoimat

3 KUSTANNUSTEHOKKUUDEN TUTKIMUSMENETELMIEN AIKAISEMPI SOVELTAMINEN LENTOKOULUTUKSEN KEHITETTÄMISESSÄ

3.1 Yleistä

Ilmavoimien lentokoulutusta on 2000-luvulla tutkittu kahdessa laajassa työryhmätyössä. Lentokoulutustyöryhmä koostui ilmavoimien omasta henkilöstöstä. Työryhmän työn lähtökohtana oli, että henkilöstöresurssien riittävyys Ilmavoimien avaintuloksen, hävittäjätoiminnan, toteuttamiseksi vaaditulla tasolla edellyttää toimintojen keskittämistä. Kauhava-työryhmä asetettiin selvittämään mahdollisuuksia perustaa Kauhavalle yhteiseurooppalainen lentokoulutuskeskus. Työryhmä koostui eri ministeriöiden, ilmailun ja politiikan asiantuntijoista. Työryhmätöiden lisäksi Ilmavoimissa on käynnissä jatkuva lentokoulutusprosessin seurantatyö, joka tarkastelee tuotantoprosessia tuotteen, eli lento-oppilaiden laadun näkökulmasta.

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan työryhmien loppuraportteja edellä esitettyjen kustannustehokkuuden määrittelyn ja mittaamisen teorian ja toisaalta tuotantostrategisten kysymysten näkökulmasta.

3.2 Lentokoulutustyöryhmä

Lentokoulutustyöryhmä sai keskeiset tuotannonohjaus- ja kehittämisperiaatteet Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa 2001 ja Puolustusvoimain komentajan määrittelemässä Ilmavoimien tavoitetila-asiakirjassa. Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa 2001 Ilmavoimat velvoitettiin selvittämään hävittäjäohjaajien koulutusjärjestelmän vaihtoehdot vuoteen 2004 mennessä. Selonteon perusteella Ilmavoimien komentaja perusti 21.5.2001 lentokoulutustyöryhmän, jonka tehtäväksi annettiin selvittää rinnakkaiset vaihtoehdot käytössä olleelle Ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmälle [24].

Tuotantokapasiteetin mitoituksen osalta Lentokoulutustyöryhmän työn perustana oli Puolustusvoimain komentajan määrittämä Ilmavoimien tavoitetila, jossa Ilmavoimat oli sitoutunut määritettyyn Hornet- ja Hawk-toiminnan tavoitetasoon. Tavoitetilan mukaisesti Hornet-lentotunnit suunniteltiin lisättävän 10 000 lentotuntiin vuodessa vuoteen 2005 mennessä. Hawk-kaluston sodanajan-yksiköiden määrää suunniteltiin vähennettävän vuoteen 2008 mennessä ja samalla Hawk-lentotunnit vähennettävän 6 000 lentotuntiin vuodessa.

Tuotanto-organisaation kyky tuottaa sille tuotannonohjauksessa asetetut tuotantovaatimukset, lentotunnit, edellytti henkilöstöresurssien ja -reservien tarkastelua. Kasvavan Hornet-lentotuntikiintiön tuottaminen ja siihen liittyvä harjoitustoiminnan kasvu edellytti teknillisen henkilöstön lisäämistä Hornet-toimintaan. Henkilöstövajeen lentoteknisellä toimialalla todettiin olevan vuoden 2003 alussa noin 60 henkilöä. Pätevää henkilöstöä ei ollut mahdollista kouluttaa vuoteen 2006 mennessä, vaan valtaosa tarvittavasta lisähenkilöstöstä oli kohdennettava jo palveluksessa olevista työntekijöistä.

Havaitun henkilöstövajeen ratkaisemiseksi tarkasteltiin tuotantolaitosten sijaintiratkaisuja. Lentokoulutustyöryhmän aloittaessa työskentelynsä Ilmavoimat oli sijoittanut Hornet-kalustoa neljään ja Hawk-kalustoa viiteen tukikohtaan. Sellaisella rakenteella ei Hornet-toiminnan edellyttämän lentoteknillisen henkilöstön lisäresurssin kohdentaminen olisi ollut mahdollista. Työryhmä näki, että jos koulutuksessa siirryttäisiin hajautetusta mallista keskitympään järjestelyyn, voitaisiin henkilöstöä kohdentaa enemmän hävittäjätoimintaan. Hornet-

toiminnan rakenteen säilyttäminen muuttumattomana oli perusteltua toiminnallisista ja operatiivisista syistä johtuen [24].

Osana kapasiteetin mitoitusta ja tuotantoprosessin laajuuden tarkastelua Lentokoulutustustyöryhmä totesi, että Hawk-kaluston operatiivisen tehtävän poistuminen lennostoista mahdollisti kaluston täysipainoisen keskittämisen lentokoulutukseen. Lentotuntien määrän väheneminen edellytti toiminnan muuttamista, jotta Hornet-valmiusohjaajakoulutuksen edellyttämä ohjaajien tavoitemäärä kyettiin saavuttamaan sekä säilyttämään.

Tuotantoteknologian tarkastelu tehtiin, kun Lentokoulutustustyöryhmä selvitti tavoitetilan saavuttamisen edellyttämiä muutoksia koulutuksen toteuttamiseen, koulutusjärjestelmän rakenteeseen sekä henkilöstöresurssien käyttöön. Keskeisenä lähtökohtana oli, että henkilöstöresurssien riittävyys ilmavoimien avaintuloksen, hävittäjätoiminnan, mahdollistamiseksi tavoitetilan mukaisena edellyttää lentokoulutukseen liittyvien toimintojen keskittämistä.

Lentokoulutustustyöryhmä järjesti työn edetessä väliesittelyjä ilmavoimien johdolle, joissa Ilmavoimien komentaja ja ilmavoimien esikunnan esikuntapäällikkö linjasivat jatkotoimintaa esitettyjen vaihtoehtojen pohjalta antaen näin kehittämisprosessin aikaisia tuotannon ohjaus- ja kehittämisperiaatteita.

Lentokoulutustustyöryhmä oli työnsä aikana yhteydessä myös ilmailualan kotimaisiin ja ulkomaisiin teollisuusyrityksiin ja palveluntarjoajiin. Oman tuotantoprosessin laajuutta ja toteutusperiaatteita tarkasteltaessa työryhmä katsoi järkeväksi tiedustella mahdollisuuksia tuotantoprosessin osittaiseen ulkoistamiseen. Ilmavoimat teki Puolustusministeriön toimeksiannosta kyselyn kotimaisille palveluntarjoajille alkeis- ja peruslentokoulutuksen ulkoistamisesta.

Oman toiminnan vertaamista toisten samalla alalla toimivien organisaatioihin, toimintamalleihin ja käytäntöihin kutsutaan vertailuanalyysiksi (benchmarking). Benchmarking toimintaa käytetään yleisesti yritysmaailmassa ja usein nimenomaan laatuja järjestelmien kehittämisen ja prosessinkehittämisen välineenä. Benchmarking auttaa tunnistamaan oman toiminnan heikkouksia ja laatimaan niiden kehittämiseen tähtäviä tavoitteita sekä laatimaan kehitysideoita.

Benchmarking voi olla strategioiden vertailua, prosessien vertailua tai esimerkiksi kustannusdatan (mittareiden) vertailua.

Lentokoulutustyöryhmä tutustui toimintansa aikana alan merkittävimpien kansainvälisten toimijoiden tarjoamiin koulutusvaihtoehtoihin. Lentokoulutustyöryhmä oli työnsä aikana yhteydessä ja tutustui seuraaviin yrityksiin ja organisaatioihin:

- BAE Systems
- SAAB
- Pilatus
- Advanced European Jet Pilot Training (AEJPT)
- Military Flying Training System (UK MoD)
- NATO Flying Training in Canada (Portage, Moose Jaw, Cold Lake)
- Canadian Forces (Montreal)
- UK Royal Air Force (RAF Valley)
- Flygvapnet (Såtenäs)
- Luftwaffe (Fürstenfeldbruck) [24]

Vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuutta arvioidessaan Lentokoulutustyöryhmä toimi yhteistyössä edellä mainittujen toimijoiden kanssa. Ilmavoimat lähetti yhden Hawk-lennonopettajan Kanadaan (NFTC, Nato Flying Training in Canada) taktisen lentokoulutusvaiheen lennonopettajaksi keskeisimpänä tehtävänä hankkia lisätietoa tyypillisen NATO-koulutuksen toteuttamisperiaatteista, menetelmistä ja koulutuksen tasosta.

Loppuraportissaan Lentokoulutustyöryhmä esitti kuvauksen lentokoulutuksen toteuttamisvaihtoehtoista ja oman näkemyksensä Ilmavoimille sopivimmasta vaihtoehdosta. Työryhmän esityksen mukaan ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmän kehittämisen tavoitteena tuli olla sotilasilmalukoulutuksen säilyttäminen Suomessa, osana kansainvälistä koulutusyhteistyötä [24].

Koulutuksen sijaintipaikan säilymisen Suomessa katsottiin muun muassa tarjoavan ulkomailla annettavaa koulutusta paremmat mahdollisuudet vaikuttaa koulutuksen sisältöön ja järjestykseen. Lisäksi tuotannon kotimaaisuuden nähtiin tuovan joustavuutta henkilöstön käyttöön, alentavan kustannuksia, tukevan kotimaista sotilasilmailuteollisuutta ja alan osaamisen säilyttämistä kotimaassa. Ratkaisun nähtiin vaikuttavan myönteisesti myös ympäröivän yhteisön talouteen ja työllisyyteen investointien ja toiminnan jäädessä Suomeen [24].

Toimimisen osana kansainvälistä koulutuskeskusta työryhmä katsoi mahdollistavan nykyaikaisen lentokaluston ja koulutusvälineiden käytön edullisemmin, sillä investoinnit saadaan tehokkaampaan käyttöön suuremman koulutusvolyymin ansiosta ja kustannukset jaettu usealle osallistujamaille sekä parantavan ohjaajien kykyä osallistua kansainväliseen yhteistoi-
mintaan ja luovan kansainvälisen suhdeverkoston.

Työryhmän työskentelymenetelminä lentokoulutusjärjestelmän kustannustehokkuuden määrittelyssä ovat olleet vertailuanalyysit, haastattelut ja kustannusvertailut sekä parhaiden käytäntöjen havainnointi ja kerääminen. Työryhmä on työssään tutkinut lentokoulutusjärjestelmän tuotantoprosessia lähes kaikkien keskeisten tuotantostrategisten kysymysten [13] näkökulmasta. Tuoteteknologian ja muiden laadullisten vaatimusten osalta loppuraportissa kuvataan tulevaisuuden tavoitetilä siihen johtavine koulutusvälineineen, mutta niiden kustannusvaikutuksia eikä vaikutusta lopputuotteen, lentäjien, laatuun ei selvitetä. Työryhmän esittämien elinkelpoisten tulevaisuuden lentokoulutusjärjestelmien osalta ei esitetä tuotantorintama-analyysijä.

3.3 Kauhava-työryhmä

Puolustusministeriö asetti 30.6.2005 Ilmavoimien esityksen perusteella työryhmän (”Kauhava-työryhmä”) selvittämään mahdollisuuksia perustaa Kauhavalle yhteiseurooppalainen lentokoulutuskeskus. Tehtäväänsä liittyen työryhmän oli selvitettävä ainakin:

- yhteiseurooppalaisen lentokoulutuskeskuksen toteuttamisvaihtoehdot Kauhavalla
- ulkomaisille Suomessa annettavan lentokoulutuksen edellytykset ja reunaehdot
- toteuttamisvaihtoehtojen kustannusvaikutukset sekä vaikutukset Ilmavoimille ja Kauhavan tukikohdalle

- kansainvälisen lentokoulutuskeskuksen yhdyskunta- ja ympäristövaikutukset
- eri viranomaisten ja osallistujatahojen rooli lentokoulutuskeskuksen toteuttamisessa mukaan lukien markkinointi [17].

Kauhava-työryhmä sai keskeiset tuotannonohjaus ja kehittämisperiaatteet Pääesikunnan määrittäessä vuonna 2004 Ilmavoimien tulevaisuuden koulutusjärjestelmän suunnittelun keskeisimmäksi päämääräksi ohjaajakoulutuksen säilymisen Suomessa. Ensisijaisena pyrkimyksenä tuli olla toteuttaa koulutus osana kansainvälistä koulutusyhteistyötä tai vaihtoehtoisesti omalla kalustolla kansallisena toimintana [36].

Keskeinen kysymys tulisi olemaan sotilaslentäjätuotantoprosessin laajuus - kenen hallinnassa koulutuskalusto on ja millaiseksi sen operatiivinen merkitys nähdään. Kauhava-työryhmä keskittyi työssään tehtävänantonsa mukaisesti vain Kauhavan mahdollisuuksiin toimia kansainvälisenä koulutuskeskuksena. Näin ollen tuotantolaitoksien sijaintipaikkatarkastelua ei tarvinnut tehdä. Koulutuskaluston operatiivisten käyttömahdollisuuksien arviointi jätettiin puolustushallinnon sisäiseen työskentelyyn ja näin myös työryhmätyön ulkopuolelle. Työryhmän tarkastelu rajattiin lentokoulutuksen Kauhavalla annettavaan, eli suihkuharjoitus-konekoulutusvaiheeseen. Raportti käsittelee pääasiassa raportin tekohetkellä käytössä olevan koulutuskaluston elinjakson jälkeistä aikaa. Työ ei käsittele raportin tekohetkisen lentokaluston käyttömahdollisuuksia ja -vaihtoehtoja siirtymäajan järjestelyissä kehitettäessä Kauhavaa kansainväliseksi koulutuskeskukseksi. Raportin teon jälkeen ilmavoimat on tehnyt päätöksen jatkaa samalla suihkuharjoituskonetyypillä mahdollisen kansainvälisen koulutuskeskushankkeen aloitusvaiheen yli, joten kaluston vaihdos ei tuo merkittäviä lisäkustannuksia tuotantoprosessiin.

Työryhmä aloitti työskentelynsä selvittämällä Ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmän sen hetkisen tilan sekä kansainvälisen lentokoulutusyhteistyön toimijat ja järjestelyt. Seuraavassa vaiheessa työryhmä määritti kansainvälisen lentokoulutusyhteistyön eri toteuttamisvaihtoehdot Kauhavalla:

- ensimmäisessä vaihtoehdossa Kauhavalla toimisi kansainvälisen lentokoulutuskeskuksen osa
- toisessa vaihtoehdossa yhteistyö tehtäisiin kahden- tai monenkeskisenä lentokoulutusyhteistyönä kumppanoidulla kalustolla ja järjestelmällä

– kolmannessa vaihtoehdossa kahden- tai monenkeskistä lentokoulutusyhteistyötä tehtäisiin puolustusvoimien hallussa olevalla kalustolla ja järjestelmällä [17].

Vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuutta tutkittaessa huomioitiin muun muassa ilmatilan käyttö, lainsäädäntö, yhdyskunta- ja ympäristövaikutukset sekä kaupalliset, taloudelliset ja henkilöstövaikutukset. Eri vaihtoehtoja tarkastellessa keskeisimpänä kriteerinä työryhmä käytti vaihtoehtojen vaikuttavuutta kansalliselle puolustukselle. Myös muut vaikuttavat tekijät pyrittiin huomioimaan [17].

Työryhmä on arvioinut tuotantostrategisia kysymyksiä [13] kattavasti listatessaan Suomessa annettavan sotilaslentokoulutuksen etuja verrattuna ulkomailla annettavaan koulutukseen. Työryhmä arvioi, että sotilaslentokoulutuksen toteuttaminen Suomessa tarjoaisi ulkomailla annettavaa koulutusta paremmat mahdollisuudet vaikuttaa koulutuksen sisältöön, järjestelyihin ja aikatauluihin. Näin nähtiin olevan erityisesti edellä mainituissa vaihtoehdoissa 2 ja 3. Muita etuja Suomessa järjestettävästä koulutuksesta nähtiin olevan muun muassa

- joustavuus sotilaslennonopettajien käytössä alentaa henkilöstökustannuksia
- kotimaisen sotilasilmailuteollisuuden tukeminen ja alan osaamisen säilyttäminen kotimaassa
- myönteiset vaikutukset ympäröivän yhteisön talouteen ja työllisyyteen investointien ja toiminnan jäädessä Suomeen
- koulutettavien perehtyminen toimintaympäristömme erityispiirteisiin (muun muassa suomalaiset siviili- ja sotilaslentomääräykset, sää- ja valaistusolosuhteet sekä valtakunnan puolustamiseen liittyviä asioita)
- joustavammat mahdollisuudet suunnitella lentoupseerin akateemista koulutusta siten, että lentokoulutus ja siihen liittyvä muu koulutus tuottaisi Maanpuolustuskorkeakoulun hyväksymiä opintopisteitä
- säästää hävittäjäkoulutukseen käytettävää aikaa ja lentotuntiresurssia
- nykyisen kaltaisessa järjestelyssä, jossa ei käytetä ulkoista palveluntarjoajaa, kyetään koulutusvolyymin vaihteluihin sekä koulutuksen sisältöön ja toteutukseen vaikuttamaan nopeasti ja tehokkaasti, koska lentämiseen suoraan liittyvä henkilöstö ja toiminnan suunnittelu on suoraan lentoyksikön tai joukko-osaston johdossa [17].

Kaikki edellä mainitut lisäävät joustoa tuotantojärjestelmän kapasiteetin mitoituksessa, tuotantoteknologian ja järjestelmän muutoksien toteutuksessa.

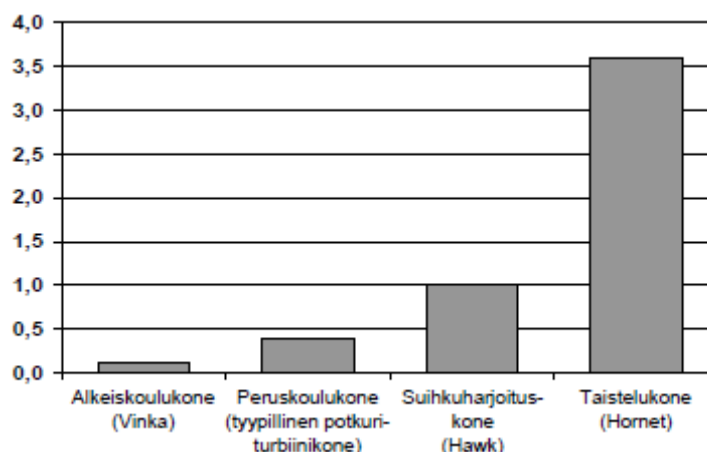
Tekemiensä vertailuanalyysien hyödyntämisen vaikeudesta Kauhava-työryhmä toteaa loppuraportissaan, että eri lähteissä annettujen lentokoulutuskustannusten ja lentotuntien vertailu on erittäin vaikeaa, koska lähteestä riippuen laskelmiin on otettu mukaan erilaisia kustannuseriä laskelmien perusteita kuitenkaan yleensä esittämättä. Tästä johtuen esitettyihin kustannuksiin voi syntyä huomattavia eroja, sillä esimerkiksi arvonlisäveron vaikutus on jo noin 20 %, maasta riippuen. Muita usein eri tavoin käsiteltäviä kustannuseriä ovat pääoman korot, tukiorganisaatioiden palkkakustannukset, tukikohtien infrastruktuurin arvo ja ylläpitokustannukset. Näin eri ilmavoimien väliset kustannusvertailut eivät anna luotettavaa kuvaa minkään sotilaslentokoulutuksen kustannustehokkuudesta.

Koulutettavan kokonaiskustannuksella tarkoitetaan yleensä kustannuksia, jotka kattavat kustannukset oppilaan valintavaiheesta siirtymiseen hävittäjäkoulutukseen. Joissain maissa mukaan sisällytetään myös taistelukonekalustolla annettava, taktista koulutusta edeltävä tyypikoulutus. Useissa maissa tämä koulutus annetaan erillisessä yksikössä. Suomen ilmavoimissa tätä koulutusta annetaan kaikissa hävittäjälentolaivueissa ja kustannukset lasketaan valmiusohjaajaksi asti, sisältäen siis myös taktista hävittäjäkoulutusta.

Tuotantoprosessin laajuutta ja toteutusperiaatteita tarkasteltuaan työryhmä totesi, että eri koulutusvaihtoehtoissa on toisistaan poikkeava kustannusprofiili. Itse omistettu järjestelmä aiheuttaa valtiolle alkuvaiheessa investointipiikin. Itse omistettu järjestelmä on toisaalta yleensä halvin, sillä valtion rahoituskustannus lentokaluston hankkimiseksi on yrityksiä pienempi, koska valtio pystyy yleensä rahoittamaan osan hankinnasta tulorahoituksella ja saa yleensä lainaa yrityksiä alhaisemmalla korolla. Huomattava omaisuus yhtiön taseessa tai omaisuuden suojaaminen esimerkiksi vakuutuksin voi myös aiheuttaa yritykselle lisäkustannuksia, jotka taas koituvat Ilmavoimien maksettavaksi palvelumaksuina [17].

Lentokoulutusjärjestelmän loppupäässä tuotantoteknologiakustannukset muodostuvat tuotantojärjestelmän suurimmiksi kustannuksiksi. Työryhmän raportin mukaan lentokoulutusjärjestelmän kalleimmat komponentit ovat koulutuksessa käytettävät lentokoneet. Niiden hankinta ja käyttökustannukset muodostavat yli puolet kokonaiskoulutuskustannuksista. Muita kalliita ja pitkän suunnittelu- ja toimitusajan vaativia koulutusjärjestelmän osia ovat lentosimulaattorit ja lentokoneisiin asennettavat simulaatiojärjestelmät. Työryhmän loppuraportissa ei oteta kantaa niillä mahdollisesti saavutettavissa oleviin kustannussäästöihin, eikä mahdollisiin vaikutuksiin tuoteteknologiaan - sotilaslentäjän laatuun.

Kuviossa 2. on esitetty eri koulutusvaiheisiin käytettävien lentokoneiden suhteellisia lentotuntihintoja. Periaatteena on, että kustannusten minimoimiseksi koulutus annetaan halvimmalla koulutusvaatimukset täyttävällä lentokoneella. Koulutusjärjestelmää suunniteltaessa tulee harkita yksityiskohtaisesti, missä koulutusvaiheessa ja millä välineellä tarvittavia taitoja opetetaan. Lentokalustojen erilaiset tekniset ominaisuudet asettavat omat rajoituksensa tälle harjennalle.



KUVIO 2. Periaatekaavio lentotuntikustannuksien suhteista eri konetyypeillä [17].

Kauhava-työryhmä on työskennellessään todennut, että suunnitteluvaiheessa olevien koulutusjärjestelmäratkaisujen täsmällisten kustannusvertailujen tekeminen on käytännössä erittäin vaikeaa. [17] Eri järjestelmien tuottama koulutustulos ei ole sama, jolloin joudutaan vertailemaan keskenään erilaisten tuotteiden tuottamisen kustannuksia. Koulutuskoneen hankinta- ja käyttökustannukset muodostavat kuitenkin aina pääosan koulutettavan oppilaan koulutuskustannuksista. Koulutusjärjestelmissä käytetään erityyppisiä lentokoneita, ja koska erilaisten koulutuskoneiden koulutustehokkuus ei ole sama, tarvitaan eri koneilla eri määrä lentotunteja saman koulutustuloksen saavuttamiseksi. Koneiden käyttö- ja ylläpitokustannukset poikkeavat toisistaan, eikä tarkkoja kustannustietoja ole koulutusjärjestelmän suunnitteluvaiheessa saatavilla. Eri maiden koulutusjärjestelmien vertaaminen on miltei mahdotonta erilaisista laskentaperusteista johtuen.

Työryhmä on työnsä aikana pystynyt hahmottamaan kustannuksia vain karkealla tasolla, mutta ei ole voinut tehdä yksityiskohtaisia laskelmia. Työryhmä esittää näin ollen raportissaan vain karkeita kustannusvertailuja eri vaihtoehtoisille koulutusmalleille joutuen tekemään suuren määrän oletuksia laskentamalleissaan. Vertailut ovat näin suuruusluokkatarkasteluja. Työ-

ryhmä toteaa, että kun ennen lopullista päätöksentekoa arvioidaan eri vaihtoehtojen valtiontaloudellisia vaikutuksia, on tarpeen selvittää kattavasti nykyiset kustannukset. Lisäksi pitää selvittää myös eri vaihtoehtojen kustannukset, eli ainakin ulkopuoliselta kouluttajalta hankittavan koulutuksen kustannukset ja kaluston uusimisesta aiheutuvat kustannukset sekä kaluston ylläpitokustannukset. Mahdollisen jatkotyöskentelyn aikana vaihtoehtoista olisi laadittava mahdollisimman kattavat ja yksityiskohtaiset taloudelliset laskelmat ja selvitykset päätöksen tueksi. [17] Työryhmä ei ole työssään määritellyt tuotantorintamafunktioita kuvailemilleen lentokoulutusjärjestelmille.

Kustannusvaikutuksien määrittelyn vaikeudesta huolimatta raportissa todetaan, että vaikuttaisi siltä, että kaikissa vaihtoehtoissa kumulatiivinen vaikutus voisi olla uuden kaluston elinjaksoilla miltei sama, jos ei oteta huomioon kaluston hankintaan liittyviä rahoitusvaikutuksia. [17] Kyseessä on tällöin valinta nousseiden toimintamenojen ja kertaluonteisen investoinnin välillä. Omistusjärjestelyistä riippumatta palvelunostajan eli Ilmavoimien on maksettava kaluston hankinta kaikissa tutkituissa vaihtoehtoissa. Jos omistaja on ulkopuolinen palveluntarjoaja, Ilmavoimat joutuu lisäksi maksamaan myös palveluntarjoajan rahoituskustannukset ja yrityksen tuoton. Vaihtoehtoissa, joissa kalusto ei ole omaa joudutaan tekemään noin 20 vuoden palvelunostosopimus. Näissä vaihtoehtoissa tulisi myös turvata kaluston säilyminen koulutuskäytössä mahdollisissa poikkeustilanteissa, kuten kumppaniyrityksen konkurssi tai kansainvälinen kriisi. Vaihtoehto 3 mahdollistaa tuotannon volyymin kasvattamisen yli jäävän lentotuntikapasiteetin myynnillä. Työryhmä toteaa, että jo neljälle ohjaajalle myytävä koulutus tuottaa merkittäviä säästöjä elinjakso-kustannuksissa [17].

Henkilöstövaikutuksien osalta työryhmä toteaa, että tuotantoprosessin laajuus ja totuttamisperiaatteet, ulkoistamisen määrä, on suurin henkilöstöön vaikuttava tekijä. Mikäli kansainvälinen lentokoulutuskeskuksen osa toimisi Kauhavalla, olisi ulkoistamisen osuus todennäköisesti suurin ja vaikutukset henkilöstöön näin ollen suurimmat. Kun taas pienimuotoisemmat vaihtoehdot 2 ja 3 olisivat henkilöstövaikutuksiltaan pienemmät ja lähes identtiset. [17]

Työryhmä päättää raporttinsa esitykseen, jossa kahden- tai monenkeskistä lentokoulutusyhteistyötä toteutetaan Kauhavalla puolustusvoimien hallussa olevalla kalustolla ja järjestelmällä. Vaihtoehto on käytännössä nykyisten järjestelyjen jatkamista, mutta samalla lentokoulutuksen myymistä yhdelle tai useammalle valtiolle massatuotannolla kustannusten laskemiseksi ja nykytilassa olevan ylikapasiteetin hyödyntämiseksi. Tämä toimintamalli ei sulkisi pois toimintaa, jossa yhteistyö toteutuu kahden- tai monenkeskisenä lentokoulutusyhteistyönä

kumppanoidulla kalustolla ja järjestelmällä. Käytännössä ratkaisu voi olla myös näiden kahden vaihtoehdon yhdistelmä riippuen siitä, onko lentokoulutuksellemme ostajia ja mitkä ovat ratkaisut yrityskumppaneiden osalta.

Työryhmä esittää, että Ilmavoimien lentokoulutusta suunnitellaan jatkossa toteutettavaksi edellä esitettyjen kahden vaihtoehdon pohjalta. Työryhmä näkee, että kumppanoinnista on olemassa toimiva malli Patria Trainingin kanssa alkeislentokoulutuksen osalta. Työryhmän mielestä kumppanointia kotimaisen ilmailuteollisuuden kanssa tuleekin tarkastella eräänä mallina päätöstä tehtäessä. Esitetty lentokoulutuksen järjestelymalli takaisi työryhmän mielestä pitkälläkin aikavälillä Suomelle vahvan neuvotteluaseman mahdollisen yhteiseurooppalaisen lentokoulutusjärjestelmän perustamistilanteessa. Se takaisi myös Suomen ilmavoimien tarpeidenmukaisen koulutusjärjestelmän. Toiminta mahdollistaisi korkeamman tuotantoteknologian käytön ja näin oletuksena paremman laadun kuin nykyinen toimintamalli.

Kustannustehokkuus voidaan työryhmän mukaan saavuttaa tuotantokapasiteetin oikealla mitoituksella eli hankittavan lentokaluston määrän optimoimisella, tuotannon laajentamisella massatuotannoksi eli lentokoulutuksen myymisellä muille valtioille, kahden- tai monenkeskisellä yhteistyöllä sekä mitoittamalla oman tuotantoprosessin laajuutta optimaalisesti mahdollisella kaluston ja lentokoulutuksen järjestelyjen kumppanoinnilla.

Kauhava- työryhmä on käyttänyt Lentokoulutustyöryhmän työtä keskeisenä taustamateriaalina. Työryhmä on tehnyt yhteistyötä eri Hawk-kaluston käyttäjämaiden kanssa. Tiedon hankintaa on tehty myös kahdenvälisillä suhteilla Euroopan eri ilmavoimien kanssa, sekä yhteistyössä yhteiseurooppalaisessa lentokoulutushankkeessa (Advanced European Jet Pilot Training, AEJPT). Tietoa kansainvälisestä hävittäjäohjaajakoulutuksesta hankittiin lisäksi hyödyntämällä Kanadassa kolme vuotta kansainvälisessä lentokoulutuskeskuksessa (Nato Flying Training in Canada, NFTC) lennonopettajana työskennelleen ohjaajan kokemuksia.

Kauhava-työryhmä on tarkastellut keskeisiä tuotantostrategisia kysymyksiä kattavasti määriteltessään eri lentokoulutuksen toteuttamisvaihtoehtoja Kauhavalla. Keskeiset tuotannon ohjaus- ja kehittämisperiaatteet sekä sijaintipaikkapäätös sisältyivät työryhmän tehtävään. Tuotantomuotojen osalta toiminnan laajentaminen ja massatuotanto nähdään mahdollisuutena taata täysin kotimaista lentokoulutusta korkeampitasoisempi tuotantoteknologia. Toisaalta kotimaisen lentokoulutuksen, vaikka kansainvälisen koulun osana, nähdään tarjoavan mahdollisuuksia joustavampaan kapasiteetin mitoitukseen ja käyttöön niin koneiden kuin henkilös-

tönkin osalta. Vertailuanalyysin perusteella tehtävän totuudenmukaisen kustannusvertailun työryhmä toteaa vaikeaksi eri lentokoulutusjärjestelmissä käytettyjen erilaisten laskentaperusteiden johdosta. Sen sijaan työryhmän loppuraportissaan kaipaamat työryhmätyöskentelyn aikaisen koulutusjärjestelmän kustannukset ovat olleet ainakin Ilmavoimien esikunnan tiedossa. Jostain syystä ei kuitenkaan ilmeisesti työryhmän käytössä. Tuotantorintama-analyysejä ei esitetä mistään esitetyistä lentokoulutuksen toteuttamisvaihtoehdoista.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkielmassa tarkasteltiin tuotantoprosessin kustannustehokkuuden eri tutkimusmenetelmiä, niiden ilmenemistä lentokoulutuksen kehittämistyössä 2000-luvulla sekä menetelmien soveltuvuutta lentokoulutuksen kustannustehokkuuden mittaamiseen.

Kustannustehokkuus sanana elää trendi-vaihetta. Aineiston keruun aikana kävi selväksi, että kustannustehokkuus yhdistetään niin vanhusten hoitoon kuin rakennuseristeisiin yksilöimättä sen tarkemmin mistä tekijöistä termi koostuu, tai mitä sillä missäkin yhteydessä tarkoitetaan. Taloustieteen ja tuotantotalouden teoriat tarjoavat kuitenkin yleisesti hyväksytyn perustan kustannustehokkuuden määrittelylle ja tutkimiselle.

Tuotantoprosessien tehokkuutta voidaan mitata ja määrittää sekä laadullisella toiminnan analysoinnilla, että tuotantofunktioanalyysin avulla saatavilla matemaattisilla malleilla. Yleisesti käytössä olevat matemaattiset menetelmät jaetaan useimmiten kahden ulottuvuuden mukaan parametrisiin ja ei-parametrisiin menetelmiin sekä stokastisiin ja deterministisiin menetelmiin. Parametrinen ja ei-parametrinen menetelmä eroavat siten, että parametrisessä menetelmässä tehokkuusrintaman funktionaalinen muoto täytyy valita etukäteen kun ei-parametrisissa menetelmissä se ratkaistaan aineistosta sen tutkimisen aikana. Deterministiset menetelmät tulkitsevat kaikki poikkeamat tehokkaasta tuotantorintamasta tehottomuudeksi eivätkä ota huomioon tuotantoprosessissa vaikuttavia satunnaismuuttujia. Tällöin esimerkiksi lentokoulutusryhmien kokojen vaihteluita, koulutuksen aikaista kalustotilanteen tai lentokoulutusohjelman muutosta tai muuta vastaavaa satunnaista muutosta ei pystytä huomioimaan. Näin ollen lentokoulutusjärjestelmän kustannustehokkuuden tutkimiseen soveltuvat paremmin stokastiset menetelmät, jolloin esimerkiksi sään, koulutusryhmien kokojen vaihtelun ja koulutuksen aikaiset koulutusohjelman muutoksien aiheuttamat vaihtelut voidaan paremmin huomioida ja muutoksien vaikutusta mitata.

Tuotantoprosessin laadullinen tutkiminen esimerkiksi Haverilan [13] keskeisten tuotantostrategisten kysymysten avulla kiinnittää huomion kustannustehokkuuden kannalta keskeisiin toimintoihin. Tästä voidaan myös käänteisesti päätellä, että tuotantostrategisilla päätöksillä on ainakin lentokoulutuksessa välitöntä vaikutusta tuotannon kustannustehokkuuteen. Tuotantostrategiset kysymykset soveltuvat kuitenkin parhaiten tuotannon ongelmakohtien ja vahvuuksien esille nostamiseen. Huomion kohteeksi nousseet osa-alueet vaativat tarkempaa tutkimista tarkemmin menetelmin jos niihin halutaan tehokkaasti vaikuttaa. Tällaisena menetelmänä voi toimia esimerkiksi tuotantorintamafunktioanalyysi, jolla pystytään määrittämään tuotantoprosessin panoksien ja tuotoksien väliset suhteet.

Suomessa 2000-luvulla toimineiden sotilaslentokoulutusta kehittäneiden Lentokoulutus- ja Kauhava-työryhmien lentokoulutuksen kustannustehokkuuden parantamiseksi käyttämät menetelmät ovat olleet kustannusvertailu ja tuotantoprosessin tarkastelu tuotantostrategisten kysymyksien avulla. Molemmat työryhmät toteavat loppuraporteissaan, että sotilaslentokoulutusjärjestelmien kustannusvertailu ei ole luotettava tapa analysoida ja tehdä johtopäätöksiä oman koulutusprosessin kustannustehokkuudesta juuri eri koulutusjärjestelmien eroista johtuen.

Lentokoulutuksen kustannustarkasteluissa on käytetty suurena yleensä koulutuksen tarvitsemien lentotuntien hintaa, määrää ja kaluston käytön aiheuttamia välittömiä kuluja. Lentotuntihintana on käytetty joko pääomakustannukset sisältävää kokonaiskustannusta tai pelkät käyttökustannukset sisältävää hintaa. Lentotunnin hinta on laskettu yleensä lentokaluston elinjakson keskihintana, sillä esimerkiksi kalustoon tehtävien modifikaatioiden johdosta vuosittaiset käyttökulut voivat vaihdella huomattavasti. Koulutusorganisaatioiden ja koulutustukikohtien kustannuksia on tarkasteltu yleensä erillisinä. Verrattaessa erilaisia lentokoulutusjärjestelmiä toisiinsa, eivät lentokoneiden käyttökustannukset ole käyttökelpoisia mittareita kustannustehokkuuden määrittelyyn, sillä eri koulutusjärjestelmissä lennetään erilaisilla lentokoneilla erilaisia tuntimääriä. Tästä johtuen lentokoulutuksen kustannuksia on verrattu yleensä laskemalla koulutuskustannukset koulutettua oppilasta kohti, ottaen huomioon kaikki koulutusjärjestelmän kustannukset. Tämä vertailu ei ota huomioon koulutuksen eikä koulutustuloksen laadullisia eroja, jotka voivat olla eri maiden välillä huomattaviakin, koska esimerkiksi hävittäjäkoulutuksen osalta koulutuksen katsotaan päättyvän eri vaiheissa.

Molemmat työryhmät ovat tarkastelleet lentokoulutusprosessia tuotantostrategisien kysymysten näkökulmasta hyvinkin tehokkaasti. Näiden tarkastelujen perusteella on pystytty tehostamaan niin lentokoulutusjärjestelmän allokatiivista kuin teknistäkin tehokkuutta. Alkeis- ja harjoitussuihkukoneiden keskittäminen omiin tukikohtiin on muun muassa mahdollistanut Hawk-koulutuksen tehostamisen massamaisen tuotannon keinoin ja toisaalta vapauttanut teknillistä henkilöstöä Hornet-toimintaan.

Sotilaslentokoulutusjärjestelmän tuotannon sisäinen tarkastelu teoreettisen tuotantorintamafunktion avulla puuttuu. Se tuottaisi organisaatiolle tiedon mitä tuotantojärjestelmään kohdennetuilla panoksilla tulisi kyetä tuottamaan ja toisaalta mitä niillä panoksilla nyt saadaan aikaiseksi. Tarkastelun jälkeen tuotantoprosessin yksittäisiä osa-alueita voitaisiin tarkemmin optimoida kustannustehokkuuden kannalta, kuin ainoastaan kustannusvertailuihin ja tuotantostrategisiin kysymyksiin perustuvan tarkastelun perusteella. Lisäksi tuotantoprosessin vahvuudet ja heikkoudet pystyttäisiin erottelamaan, mikäli funktiomalliksi valittaisiin stokastinen tuotantorintamafunktio.

Matemaattinen tuotantorintama-analyysi osana alkeis- ja peruslentokoulutuksen korvaamissuunnitelman yhteydessä tehtävää lentokoulutusjärjestelmän tavoitetilatyötä ja osana lentokoulutusjärjestelmän kokonaiskustannusrakenteen tarkastelua tuottaisi mielestäni selkeän perustan tulevaisuuden lentokoulutusjärjestelmän tuotantostrategisille päätöksille. Konkreettisinä esimerkkeinä voitaisiin tarkastella muun muassa sotilaslentokoulutuksen osa-alueiden kouluttamisen ajankohtaa suhteessa käytettävään kalustoon ja oppilaan koulutuksen etenemiseen (downloading) sekä eri opintokokonaisuuksien vaatiman ajan ja rahan suhdetta niistä saatavaan hyötyyn.

Sotilaslentokoulutusjärjestelmä on kustannustehokkuuden optimoinnin kannalta monimutkainen järjestelmä. Sotilaslentäjän tuotantoprosessin kustannustehokkuuteen vaikuttavat lukemattomat asiat valintatilaisuuden ja noin seitsemän vuotta myöhemmin saavutettavan valmiusohjaajatasen aikana. Yhden tuotantorintamafunktion muodostaminen edustamaan koko sotilaslentokoulutuksen tuotantoprosessia voi osoittautua vaikeaksi. Sotilaslentokoulutuksen jakaminen osiin esimerkiksi lentokaluston perusteella helpottaisi tuotantorintamafunktioiden muodostusta ja -analyysiä.

Sotilaslentokoulutusjärjestelmään vaikuttavia asiakokonaisuuksia on useita ja asiakokonaisuudet muodostuvat useista eri vaikuttimista. Esimerkkinä voidaan käyttää lentokalustovalin-

taa. Tuleva Hornet-hävittäjien suorituskyvyn korvauspäätös tulee vaikuttamaan lentokoulutusjärjestelmän toteutukseen ohjaajien valintavaiheesta valmistumiseen. Vaikutukset ulottuvat aina lentokoulutusohjelmien yksittäisistä lennoista tukikohtien infrastruktuuriin eivätkä ne kaikki ole päätöstä tehtäessä tiedossa. Kaikilla päätöksillä ja muutoksilla on tietysti vaikutuksensa myös lentokoulutustuotantoprosessin kustannustehokkuuteen. Jatkotyöskentelyn kannalta olisikin mielenkiintoista mallintaa tuotantoprosessin optimointia monikriteerisen päätöksenteon menetelmin kuten esimerkiksi Robust Portfolio Modeling-menetelmällä [25, 16, 15] tai stokastisen monikriteerisen arvostus- analyysin (SMAA)[40] keinoin.

LÄHTEET

- [1] Afriat, S.N. 1972. Economic estimation of production functions. *International Economic Review* 13(3).
- [2] Aigner, D.J ja Chu, S.F. 1968. On estimating the industry production function. *American Economic Review* 58(4).
- [3] Aigner, D.J. Lovell, C.A.K. ja Schmidt, P. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production functions. *Journal of Econometrics* 6.
- [4] Allison, S.L. 1969. The Pilot training Study: A Cost-Estimating Model for Undergraduate Pilot Training. United States Air Force Project Rand. Memorandum RM-6083-PR.
- [5] Battese, G.E. ja Coelli, T.J. 1992. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis* 3.
- [6] Charnes, A., Cooper W.W. ja Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2(6).
- [7] Coelli, T. 1995. Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: a Monte Carlo analysis. *Journal of Productivity Analysis* 6(4).
- [8] Coelli, T., Rao, P.D.S. ja Battese, G.E. 1999. An introduction to efficiency and productivity analysis. Kolmas painos. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [9] Debreu, G. 1951. The coefficients of resource utilization. *Econometrica* 19(3).
- [10] Farrell, M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 120(3).

- [11] Färe, R., Grosskopf, S. ja Lovell, K. C. A. 1994. Production frontiers. Cambridge University Press, Cambridge.
- [12] Greene, W.H. 1999. Frontier production functions. Teoksessa: Pesaran, M.H ja Schmidt, P. Handbook of applied econometrics, Volume II: Microeconomics. Blackwell Publishers Ltd.
- [13] Haverila, M., Uusi-Rauva E., Kouri, I., Miettinen, A. Teollisuustalous. 2005. Viides painos. Tammer-Paino Oy. Tampere.
- [14] Kahila, L. (2006): Lentokoulutusorganisaation prosessit. Teknillinen korkeakoulu, Espoo.
- [15] Kangaspunta, J. 2007: Approximative Algorithms in Robust Portfolio Modeling. Department of Engineering Physics and Mathematics Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology.
- [16] Kangaspunta, J., Liesiö, J. ja Salo, A: Portfolio Analysis in the Cost-Efficiency Evaluation of Weapon Systems 23rd European Conference on Operational Research, Bonn, Germany, 5.-8.7.2009.
- [17] Kauhava-työryhmän loppuraportti. Puolustusministeriö. Käsikirjoitus. Helsinki 2006.
- [18] Kirjavainen, T. ja Loikkanen, H. A. (1998). Efficiency Differences of Finnish Senior Secondary Schools: An Application of DEA and Topit-Analysis. Economics of Education Review 17.
- [19] Kirjavainen, T. ja Loikkanen, H. A. (1993). Lukioiden tehokkuuseroista. VATT-tutkimuksia no. 16. Helsinki: Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- [20] Knollmeyer, L.E. 1969. The Pilot training Study: A Cost-Estimating Model for Advanced Pilot Training (APT). United States Air Force Project Rand. Memorandum RM-6086-PR.

- [21] Koopmans, T.C. 1951. An analysis of production as an efficient combination of activities. Teoksessa: Koopmans, T.C. Activity analysis of production and allocation. Cowles Commission for Research Economics. Monograph No 13. New York.
- [22] Kumbhakar, S. A. ja Lovell, C.A.K. 2000. Stochastic frontier analysis. Cambridge University Press, Cambridge.
- [23] Land, K.C., Lovell, C.A.K ja Thore, S. 1993. Chance-constrained data envelopment analysis. Managerial and Decision Economics 14(6).
- [24] Lentokoulutustyöryhmän loppuraportti. Ilmavoimien Esikunta, operatiivinen osasto, 22/12.1.3/D/I. Tikkakoski, 2003.
- [25] Liesiö, J., Mild, P., ja Salo, A.: Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. 2008. <http://www.sal.tkk.fi/en/publications/papers>. 21.3.2011.
- [26] Lilja, R. ja Pohjola, M. (1993): Helsingin kauppakorkeakoulun aineiden tehokkuusvertailu. Kansantaloudellinen aikakauskirja 89, 1993.
- [27] Lovell.C.A.K. 1993. Production frontiers and productive efficiency. Teoksessa: Fried. H.O, Lovell.C.A.Km Schmidt.S.S. The measurement of productive efficiency. Oxford University Press.
- [28] Maliranta, M., Nurmi, S. ja Virtanen, H. (2007): It takes three to tango in employment: Matching vocational institutions, Students and companies in labor markets. Käsikirjoitus, 2007.
- [29] Meeusen, W. ja Van den Broek, J. 1977. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. International Economic Review 18(2).

- [30] Neittaanmäki, P., Neittaanmäki, R. ja Tiihonen, T. (2005): Yliopistojen tutkinto-koulutuksen ja tutkimuksen rahoitus ja tulokset vuosina 2000-2004. Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos, Tutkimusselosteita 26.
- [31] Nishimizu, M ja Page, J.M. 1982. Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: dimensions of productivity change in Yugoslavia, 1965–78. *Economic Journal* 92(368).
- [32] Nyrud, A.Q. ja Baardsen, S. 2003. Production efficiency and productivity growth in Norwegian sawmilling. *Forest Science* 49(1).
- [33] Olesen, O.B. ja Petersen, N.C. 1995. Chance constrained efficiency evaluation. *Management Science* 41(3).
- [34] Ollikainen, V. (2007): Ammatillisen koulutuksen kustannustehokkuus 2001-2003. VATT-tutkimuksia no. 132. Helsinki: Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- [35] Puheloinen, A. 2010. Puhe 194. Maanpuolustuskurssin avajaisissa. Helsinki 20.9.2010.
- [36] Pääesikunnan operatiivisen osaston suunnitelma R394/12.4/D/II/VIRK 4.2.2004.
- [37] Rogers, M. 1998. The Definition and Measurement of Productivity. Melbourne Institute Working paper No. 9/98. Melbourne Institute of Applied Economic and Social Research, the University of Melbourne.
- [38] Stevenson, R.M. 1980. Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation. *Journal of Econometrics* 13(1).
- [39] Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle. 13.6.2001. VNS 2/2001 vp. Valtioneuvoston kanslia.
- [40] Tervonen, T. 2007. New directions in Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis. Turun Yliopiston julkaisuja, sarja A1 osa 376. Turku 2007.

- [41] Vallivaara, A. 2010. Ilmavoimien valmiusohjaajan koulutuskustannukset. Excel-tietokanta. 31.5.2010. Tikkakoski. Materiaali tutkijan hallussa.